

室蘭工業大学紀要 第66号 全1冊

その他（別言語等） のタイトル	Memoirs of the Muroran Institute of Technology No. 66
journal or publication title	Memoirs of the Muroran Institute of Technology
volume	66
year	2017-03-24
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009182

ISSN 1344-2708

No. 66

Mar. 2017

MEMOIRS
of
THE MURORAN
INSTITUTE OF
TECHNOLOGY

MURORAN INSTITU
INSTITUTE OF TEC
OF TECHNOLOGY MU
TECHNOLOGY MU
MURORAN INSTITU
INSTITUTE OF TEC
OF TECHNOLOGY MU
TECHNOLOGY MU
MURORAN INSTITU
INSTITUTE OF TEC
OF TECHNOLOGY MU
TECHNOLOGY MU

室蘭工業大学
紀 要

第66号 平成29年 3 月

MURORAN HOKKAIDO
JAPAN

目 次

依 頼 論 文

特 集：環境科学・防災研究センターにおけるイノベティブな研究

序文

.....	板倉 賢一	1
-------	-------	---

北海道胆振・後志地域における好雪性変形菌相

.....	矢島 由佳, 張 俗喆	3
-------	-------------	---

リグニンスルホン酸による食後高血糖抑制作用

.....	門田 有起也, 中川 絵利奈, 川南 諭, 長谷川 靖	11
-------	-----------------------------	----

経路生成レギュレータによる進入角度を考慮した四輪車両の溝横断走行

.....	平岡 圭介, 花島 直彦, 吉田 英樹, 藤平 祥孝, 水上 雅人	17
-------	-----------------------------------	----

AE 計測による石炭地下ガス化 (UCG) 燃焼・ガス化体積の推定

.....	板倉 賢一, 濱中 晃弘, 蘇 発強, 猪股 英紀, 佐藤 孝紀, 高橋 一弘, 出口 剛太, 児玉 淳一	29
-------	--	----

近接型相似微小地震対における相対震源座標推定法の理論的検討

.....	永野 宏治, 田村 弘貴	39
-------	--------------	----

より適切な災害支援に向けて ―2000 年有珠山噴火 10 年後の外来患者データから―

.....	前田 潤	51
-------	------	----

2014 年支笏湖周辺の斜面崩壊に関する地盤工学的検討

.....	木幡 行宏	59
-------	-------	----

引張ひずみを受ける鉄筋コンクリート部材のたば耐力に関する実験的研究 溝口 光男, 花木 健哉, 高瀬 裕也	67
AFRP シート曲げ補強 RC 梁のシート破断抑制法に関する静載荷実験 栗橋 祐介, 小室 雅人, 三上 浩, 岸 徳光	73
数値解析による既存杭の残置条件が新設杭基礎の基礎入力動に及ぼす影響の検討 永井 宏	83
Modeling of Concrete Mixed with Expansive Additives Hyeonggil CHOI, Yoshihiko KISHIMOTO and Yukio HAMA	95

投 稿 論 文

○学術論文

渡島半島東岸部と西岸部における魚名方言語彙の比較 橋本 邦彦	99
The Dialectics of Auto- and Hetero- stereotypes in the Perception of German and Japanese Students Jessica HASS, Sylvia WAECHTER and Margit KRAUSE-ONO	117
複合語のアクセントと意味・修飾構造 —ノルウェー語 Sandnes 方言を通じて見た諸問題— 三村 竜之	129
サモア語、タヒチ語、ハワイ語における一般的小辞 fo'i / ho'i の分布について 塩谷 亨	139

CONTENTS

Invited Papers

Specials : Innovative Research Works of CEDAR (Center of Environmental Science and Disaster Mitigation for Advanced Research)

Preface	1
<i>Ken-ichi ITAKURA</i>	
Nivicolous Myxomycetes of Iburi and Shiribeshi Subprefectures, Hokkaido, Japan	3
<i>Yuka YAJIMA and Young-Cheol CHANG</i>	
Lignosulfonic acid suppresses postprandial hyperglycemia	11
<i>Yukiya KADOTA, Erina NAKAGAWA, Satoshi KAWAMINAMI and Yasushi HASEGAWA</i>	
Ditches crossing considering approach angles for car-like robots by Path-generating regulator	17
<i>Keisuke HIRAOKA, Naohiko HANAJIMA, Hideki YOSHIDA, Yoshinori FUJIHIRA and Masato MIZUKAMI</i>	
Estimation of Combustion and Gasification Volume in Underground Coal Gasification (UCG) Process by means of AE Monitoring	29
<i>Ken-ichi ITAKURA, Akihiro HAMANAKA, Fa-qiang SU, Hidenori INOMATA, Kohki SATOH, Kazuhiro TAKAHASHI, Gota DEGUCHI and Jun-ichi KODAMA</i>	
Theoretical Analysis on Relative Source Location of Proximate Overlapping Similar Seismic Events	39
<i>Koji NAGANO and Hiroki TAMURA</i>	
Searching for more appropriate disaster relief action - Based on outpatient's data after 10 years from 2000 Mt. Usu eruption -	51
<i>Jun MAEDA</i>	
Geotechnical Consideration on Sloop Failure in the area of the Lake Shikotsu in 2014	59
<i>Yukihiro KOHATA</i>	

Experimental study on Dowel Strength of Reinforced Concrete Member with Tensile Strain	67
<i>Mitsuo MIZOGUCHI, Kenya HANAKI and Yuuya TAKASE</i>	
Static loading tests on rupture control of AFRP sheet for flexural strengthening of RC beam	73
<i>Yusuke KURIHASHI, Masato KOMURO, Hiroshi MIKAMI and Norimitsu KISHI</i>	
Numerical Analysis of Effects of Configuration of Old Piles Left Underground on Foundation Input Motion of Pile Foundation	83
<i>Hiroshi NAGAI</i>	
Modeling of Concrete Mixed with Expansive Additives	95
<i>Hyeonggil CHOI, Yoshihiko KISHIMOTO and Yukio HAMA</i>	

Papers

○Article

A Comparison Study on Dialectal Fish Names in the Eastern and Western Regions of the <i>Oshima</i> Peninsula	99
<i>Kunihiko HASHIMOTO</i>	
The Dialectics of Auto- and Hetero- stereotypes in the Perception of German and Japanese Students	117
<i>Jessica HASS, Sylvia WAECHTER and Margit KRAUSE-ONO</i>	
On the Correlation between Compound Accent and the Internal Modification Structure -Issues Raised by the Study on Sandnes Norwegian-.....	129
<i>Tatsuyuki MIMURA</i>	
On the Distribution of the General Particle <i>fo 'i / ho 'i</i> in Samoan, Tahitian, and Hawaiian	139
<i>Toru SHIONOYA</i>	

特 集

序 文

環境科学・防災研究センター（CEDAR：Center of Environmental Science and Disaster Mitigation for Advanced Research）は、平成 16 年に設立されました。本年で 12 年目を迎える、本学では長寿の研究センターです。この間、環境科学領域、新エネルギー領域、防災工学領域の研究活動と地域貢献活動を精力的に進めて参りました。こうした活動が継続できているのは、それぞれの研究領域の研究テーマが社会のニーズに沿っており、時宜に合っているからだと思われます。地球環境問題が広く取り上げられるようになり、クリーンで多様なエネルギーが求められるようになり、そして平成 23 年の東日本大震災を含め、毎年のように発生する地震、火山、気象等に起因した災害への減災、防災対策が必要とされるようになりました。これらの課題解決には時間がかかるうえ、理工学だけでは解決できない多くの問題を含んでいます。文系（理系、文系という分け方は日本だけのようですが）の研究分野も含めた、「総合科学」が必要とされています。当研究センターは、本学において最もこの総合科学に近い研究者集団と言えましょう。しかし、上記の課題を扱うには、更に多くの研究分野を取り込む必要がありそうです。すなわち、今後も更なる成長が必要とされている研究センターだと思います。

さて、平成 27 年の 3 月に 10 周年の記念事業として、毎年実施している国際セミナー JSED（Joint Seminar on Environmental Science and Disaster Mitigation Research）を拡張して、海外からの研究者も含め約 140 名が参加した国際会議を開催し、論文集を発行しました。ここでの研究発表は総合科学ゆえ分野が広く、一見すると関連のない研究成果の集合のように見えます。しかし、環境科学領域、新エネルギー領域、防災工学領域それぞれの観点に立つと、有機的なつながりを見て取ることができます。

本紀要では、「環境科学・防災研究センターにおけるイノベティブな研究」と題した特集を組むことになりました。環境科学・防災研究センターを構成する環境科学領域（環境汚染処理部門、バイオ部門、環境計測評価部門）、新エネルギー領域（水素エネルギー応用部門、未利用資源エネルギー開発部門、自然エネルギー（地熱）部門）、防災工学領域（危機管理システム部門、水・地盤防災部門、構造物性能制御部門、建設材料性能制御部門）の 10 部門の代表的な最新研究成果を、論文として報告しております。表 1 は、現在の当センターの研究分野構成を示しています。それぞれの論文の内容はもとより、各研究テーマの有機的なつながりを見て戴ければ幸いです。

環境科学・防災研究センター
センター長
板倉 賢一

表 1 環境科学・防災研究センターの研究分野構成

領 域 (Area)	部 門 (Division)
環境科学 (Environmental Science)	環境汚染処理 (Treatment of Environmental Contamination)
	バイオ (Bio)
	環境計測評価 (Environmental Measurement and Assessment)
新エネルギー (New Energies)	水素エネルギー応用 (Hydrogen Energy Applications)
	未利用資源エネルギー開発 (Development of Unused Resource Energies)
	自然エネルギー(地熱) (Natural Energies (Geothermal))
防災工学 (Disaster Management Engineering)	危機管理システム (Crisis Management Systems)
	水・地盤防災 (Water and Soil Disaster Management)
	構造物性能制御 (Performance Control Structure)
	建設材料性能制御 (Construction Materials Performance Control)

北海道胆振・後志地域における好雪性変形菌相

矢島 由佳^{*1}, 張 俗喆^{*1}Nivicolous Myxomycetes of Iburi and Shiribeshi Subprefectures,
Hokkaido, JapanYuka YAJIMA^{*1} and Young-Cheol CHANG^{*1}

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

This is the first report on the nivicolous myxomycetes in south part of Hokkaido, Japan. Ninety-five specimens were collected, and fourteen species of nivicolous species were identified from low altitude suburb areas in Iburi and Shiribeshi Subprefectures in 2016. Number of recorded species of one-season investigation was similar to Mt. Asahidake in north-central part of Hokkaido (5 genus 17 species), Shiretoko Peninsula in eastern Hokkaido (5 genus 13 species), and Aomori Prefecture, the northernmost prefecture on Honshu Island (4 genus 12 species). Micrographs of the morphological characters are provided for 6 species.

Keywords: true slime molds, snowbank species, *Lamproderma*, *Lepidoderma*, *Meriderma*, *Trichia*, *Diderma*, *Didymium*

1 はじめに

変形菌は、巨大な多核単細胞である変形体が孢子を内包する子実体を形成するという特徴をもつ真核微生物であり、現在ではアメーバの仲間として認識されている。本研究の対象である好雪性変形菌は、春のいわゆる根雪の融雪下でのみ子実体形成が報告されており、そのアメーバは低温に適応している可能性が示唆され、特に北海道の低温環境においてその生物機能の利活用が期待される。寒冷地における排水処理やバイオレメディエーションなどの微生物応用には冬季の低温が問題となり、その解決に向け南極産微生物の低温適応能を利用した国内初の商品化などが近年注目されている(1)。このような研究・開発は微生物の中でも細胞壁をもつ菌類や細菌類を中心に行われており、今後は変形菌のような細胞壁

*1 室蘭工業大学 くらし環境系領域

のない真核微生物の低温適応研究が、上述の工学応用のみならず真核細胞の低温保管技術開発など医学・薬学への応用にも発展する可能性がある。しかし好雪種を含む変形菌の大多数は難培養性であり、利活用に向けた培養法の確立にはその生態の検証が必要である。

好雪性変形菌（以下好雪種）は、数ヶ月以上の積雪が保たれる地域で、春の融雪直下でのみ子実体形成が観察される種類とされ（2）、かつては高山性とされていたが現在は低地でも積雪量の多い地域に分布する種類とされている（3）。しかし分布または子実体形成に必要な最低積雪量と積雪持続期間は明らかとなっておらず、未だ確立された培養法がない（4）。この生態を解明するには、胆振地域でも積雪が浅く継続した積雪期間が保たれず土壌凍結の可能性がある室蘭市のような地域と、北上に伴い積雪量および積雪持続期間が増加していく洞爺湖町、多雪となる後志地域の留寿都村の連続的な好雪性変形菌相の調査が重要である。そこで本研究では、これらの地域で好雪性変形菌相の調査を行い、種同定および先行研究との比較、さらに分布の検証を行った。

2 材料および方法

2016年3月～5月に、室蘭市、洞爺湖町、留寿都村の融雪環境にて野外調査を行った。融雪直下または数日前に融雪が起こったと推定される融雪ラインから1-2mまでを範囲とし、目視にて子実体の探索を行った。子実体が確認された場合には、基物ごと子実体を採取し、標本箱に固定し乾燥標本を作製した。子実体は外部形態を実体顕微鏡（Nippon Kougaku, Tokyo）を用い12倍から60倍で観察を行った。さらに内部形態を観察するため、実体顕微鏡下で子実体の解剖を行い、プレパラート標本を作製した。封入液はホイヤー液を用いた。光学顕微鏡（Olympus BH-2, Tokyo）を用い、40倍から1,000倍にて観察を行い、胞子の表面構造は油浸レンズを用いて観察を行った。同定および種名は Poulain ら（5）に従った。標本番号の前につくアルファベット2文字は標本採集者略称を示しており、採集者はリストに示した。引用標本は室蘭工業大学微生物工学研究室に保管されている。

3 結果

胆振地域および後志地域で調査を行った結果、室蘭市および洞爺湖町洞爺湖畔南部では好雪性変形菌は観察されず、北部の洞爺湖町成香および大原にて *Didymium dubium* が観察された。さらに北上した留寿都村では、6属14種が記録された。子実体を確認できた基物として、オオイタドリやオオハングソウなどの枯死高茎草本の茎、落葉広葉樹・針葉樹の落枝や雪によって地面に押し付けられている枝、低木の生枝、落葉、ササが見られた。以下に3地域のうち好雪種が観察された採集地と標高、得られた種類のリストを示す。

List of nivicolous myxomycetes in Iburi and Shiribeshi subprefectures, Hokkaido, Japan

Collectors' abbreviations: ID (D. Ishida), YI (Y. Iwata), HY (Y. Hata), YT (Y. Tanaka), YK (Y. Yajima).

Collection sites

1. 北海道虻田郡洞爺湖町成香東経42度63分北緯140度78分、標高272m Naruka, Toyako-cho, Abuta-gun, Hokkaido. 42°63'E, 140°78'N, 272m Alt. (N)
2. 北海道虻田郡洞爺湖町大原 東経42度66分北緯140度84分、標高280m Oohara, Toyako-cho, Abuta-gun, Hokkaido. 42°66'E, 140°84'N, 280m Alt. (O)
3. 北海道虻田郡留寿都村泉川 東経42度75分北緯140度90分、標高414m Izumikawa, Rusutsu-mura, Abuta-gun, Hokkaido. 42°75'E, 140°90'N, 414m Alt. (I)
4. 北海道虻田郡留寿都村字泉川 東経42度73分北緯140度89分、標高363m Azaizumikawa, Rusutsu-mura, Abuta-gun, Hokkaido. 42°73'E, 140°89'N, 363m Alt. (A)

Trichiales T. Macbr.

1. *Trichia alpina* (R.E.Fr.) Meyl. (Fig. 1)

ID-006, YI-010, 011, HY-007 (2. V. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). ID-007 (2. V. 2016. On twig of living wood near melting snow. A). YK-2652, YI-008, 009 (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A).

Trichia 属は、らせん紋があり短く遊離端の多い細毛体をもつという特徴がある (Fig. 1 B, C)。本種は子嚢壁を裂開させても孢子や細毛体が遊離しない状態の標本が多く見られるが、本研究の引用標本には孢子や細毛体が遊離する成熟した子実体が多く観察された。

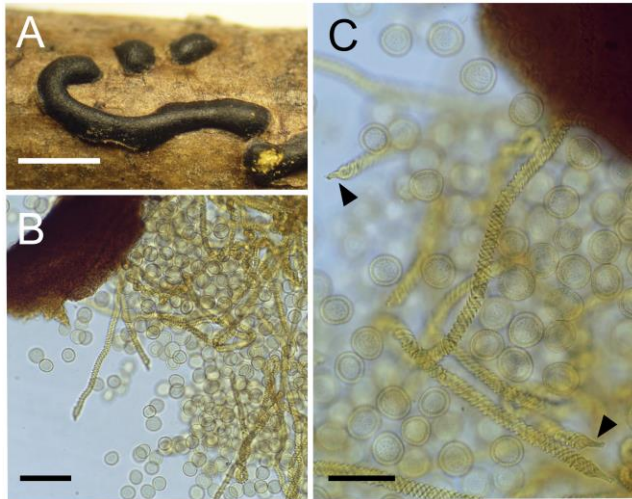


Fig. 1. *Trichia alpina* (YK-2652). A: Myxocarps. B, C: Capillitium (elaster), spores and part of peridium. Arrow head: tip of capillitium. Bars in: A. 2mm, B. 60µm, C. 40µm.

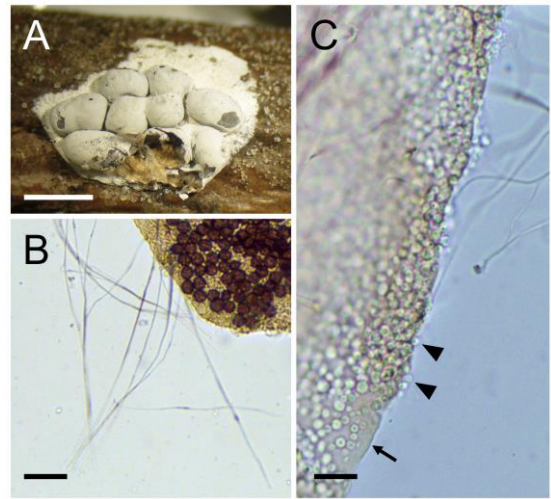


Fig. 2. *Diderma alpinum* (YI-007). A: Myxocarps. B: Capillitium, spores and part of peridium. C: Capillitium and part of peridium. Arrow head: granular lime. Arrow: peridium. Bars in: A. 2mm, B. 30µm, C. 10µm.

Physarales T. Macbr.

2. *Diderma alpinum* (Meyl.) Meyl. (Fig. 2)

ID-004, HY-004 (23. IV. 2016. On fallen twig and stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). YI-003, 007, YT-003 (23. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YT-004 (23. IV. 2016. On fallen dead leaf near melting snow. A).

Diderma 属は、子嚢壁の石灰が粒状という特徴を持つ (Fig. 2. C)。本種の変種として孢子直径の大きい *Diderma alpinum* var. *macrosporum* Meyl. が記載されているが、本研究の引用標本の孢子直径はすべて (10-)11-13µm の範囲内であった。

3. *Didymium dubium* Rostaf. (Fig. 3)

YK-2636 (16. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. N). YK-2626, 2636 (15. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. O). YI-005 (with *Meriderma carestiae*), (23. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). ID-009 (with *Lamproderma ovoideoechinulatum*), YI-016 (2 V. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YI-015 (2. V. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A).

Didymium 属は、子嚢壁の石灰が星型やつの型という特徴を持つ (Fig. 3. C)。本種の孢子はいぼ型だが、しばしばいぼは細い線でつながり不完全な網目を形成するとされ (5)、本研究の標本のうち YK-2636、2637、YI-007 が不完全な網目を形成していた。

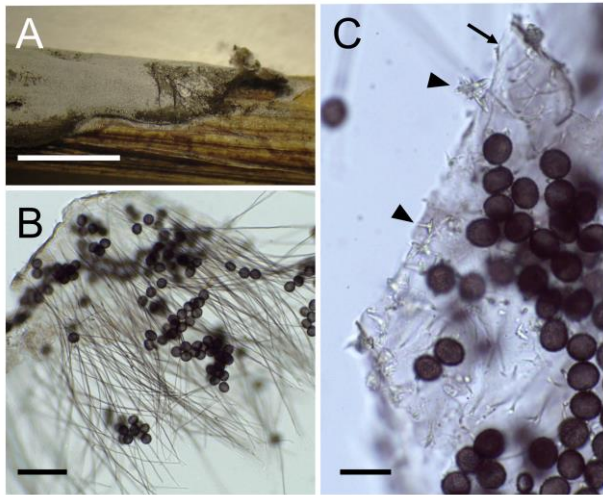


Fig. 3. *Didymium dubium* (ID-009). A: Part of myxocarp. B: Capillitium, spores and part of peridium. C: Spores and part of peridium. Arrow head: stellate lime. Arrow: peridium. Bars in: A. 2mm, B. 40μm, C. 20μm.

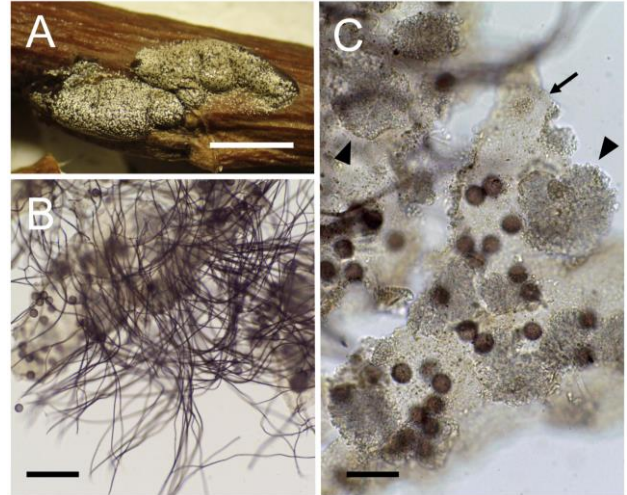


Fig. 4. *Lepidoderma chailletii* (YK-2629). A: Myxocarps. B: Capillitium, spores and part of peridium. C: Spores and part of peridium. Arrow head: crystalline scale lime. Arrow: peridium. Bars in: A. 2mm, B. 40μm, C. 20μm.

4. *Lepidoderma chailletii* Rostaf. (Fig. 4)

YK-2629 (16. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YK-2657 (2. V. 2016. On fallen twigs near melting snow. A).

Lepidoderma 属は、子嚢壁の石灰が鱗片状の結晶となる特徴を持つ (Fig. 4. C)。本種は非常に変異に富んでいるとされ Poulain ら (5) は孢子直径の範囲を 10-17μm と非常に広く検索表に上げているものの、変種など種以下の分類群を認めていない。本研究の引用標本の孢子直径は 12-13μm であった。

Stemonitales T. Macbr.

5. *Lamproderma aeneum* Mar. Mey & Poulain

ID-011 (with *Meriderma carestiae* and *M. cribrarioides*) (2. V. 2016. On fallen twig of *Abies sachalinensis* near melting snow. A).

6. *Lamproderma arcyrioides* (Sommerf.) Rostaf.

YI-012 (2. V. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A).

7. *Lamproderma echinosporum* Meyl.

YI-004, HY-002 (23. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YT-001 (23. IV. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A).

8. *Lamproderma ovoideoechinulatum* Mar. Mey. & Poulain (Fig. 5)

YK-2642 (16. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YK-2640 & 2641 (with *Meriderma carestiae*), 2653 (16. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. A). ID-002 (23. IV. 2016. On stem of dead herbaceous plant and twig of living wood near melting snow. A). YK-2653, YT-002 (23. IV. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). YK-2655, 2658, YI-001 (with *M. carestiae*) (23. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). HY-003 (with *M. carestiae*) (23. IV. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A).

ID-009, HY-005, 006, (2. V. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). HY-008 (with *Lamproderma sauteri*), 009 (with *Lamproderma zonatum*), 014 (with *M. carestiae*), 015 (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A). HY-012 (2. V. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A).

Lamproderma 属は、残存性の子嚢壁を持ち (Fig. 5. A, B), 細毛体の先端は拡大しない (Fig. 5. C) という特徴を持つ。本種は北海道で普通に見られ、本研究でも最多標本数となった。

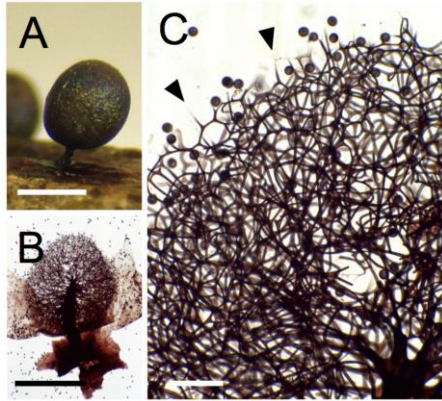


Fig. 5. *Lamproderma ovoideoechinulatum* (YK-2642). A, B: A myxocarp. C: Spores, part of capillitium and columella. Arrow head: tip of capillitium. Bars in: A, B. 1mm, C. 60 μ m.

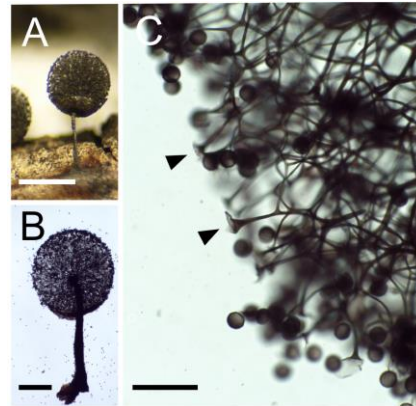


Fig. 6. *Meriderma carestiae* (YK-2659). A, B: A myxocarp. C: Spores and part of capillitium. Arrow head: tip of capillitium. Bars in: A. 1mm, B. 0.5mm, C. 40 μ m.

9. *Lamproderma ovoideum* Meyl.

YK-2630~2635 (8. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. I). YK-2638 (16. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. A). YK-2639 (16. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YI-013, HY-013 (with *Meriderma carestiae*) (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A). YI-017 (with *M. carestiae*), 021, HY-011 (2. V. 2016. On fallen twig of *Abies sachalinensis* near melting snow. A). YI-019 (2. V. 2016. On stem and leaf of *Sasa* near melting snow. A).

10. *Lamproderma piriforme* (Meyl.) Mar. Mey. & Poulain

YK-2643, 2648, 2649 (16. IV. 2016. On dead herbaceous plant near melting snow. A). YK-2644, 2645, 2647, 2650, 2651 (with *Meriderma carestiae*) (16. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). ID-003 (23. IV. 2016. On stem of living wood near melting snow. A). YI-002 (23. IV. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). YK-2656, HY-001 (2. V. 2016. On fallen twigs near melting snow. A). YK-2660, ID-012 (with *M. carestiae*) (2. V. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A).

11. *Lamproderma sauteri* Rostaf.

HY-006 (with *Lamproderma ovoideoechinulatum*) (2. V. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). HY-008 (with *L. ovoideoechinulatum*), 010 (with *Meriderma carestiae*) (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A).

12. *Lamproderma zonatum* Mar. Mey. & Poulain

ID-005 (2. V. 2016. On stem of dead herbaceous plant near melting snow. A). ID-008, HY-009 (with *Lamproderma ovoideoechinulatum*) (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A).

13. *Meriderma caresitae* (Ces.& De Not.) Mar. Mey. & Poulain (Fig. 6)

ID-001 (23. IV. 2016. On fallen twig of *Abies sachalinensis* near melting snow. A). YI-001 (with *Lamproderma ovoideoechinulatum*), 005 (with *Didymium dubium*) (23. IV. 2016. On fallen twig near melting snow. A). HY-003 (with *L. ovoideoechinulatum*) (23. IV. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A). ID-012 (with *Lamproderma piriforme*) (2. V. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A). HY-014 (with *L. ovoideoechinulatum*) (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A). ID-011 (with *Lamproderma aeneum* and *M. cribrarioides*), 013, YI-017 (with *Lamproderma ovoideum*), 020 (2. V. 2016. On fallen twig of *Abies sachalinensis* near melting snow. A). YI-014, HY-010 (with *Meriderma carestiae*) (2. V. 2016. On stem of *Sasa* near melting snow. A). YK-2654, YI-018 (2. V. 2016. On leaf of *Sasa* near melting snow. A). YK-2659, HY-013 (with *L. ovoideum*), 016 (2. V. 2016. On fallen twig near melting snow. A).

Meriderma 属は、子嚢壁が早落性で細毛体の先端が拡大するという特徴を持つ (Fig. 6. C). 本種は Poulain et al. (5) で 2 変種、3 品種が挙げられ、そのうち 1 変種 2 品種は未だ正式に記載されていない。本研究の引用標本の胞子模様は散在する疣から柱型で、しばしば不完全な網目型を形成していた。

14. *Meriderma cribrarioides* (Fr.) Mar. Mey. & Poulain

ID-011 (with *Lamproderma aeneum* and *Meriderma carestiae*) (2. V. 2016. On fallen twig of *Abies sachalinensis* near melting snow. A).

5 考察

北海道の変形菌相に関する論文は、江本 (6) による大雪山黒岳と札幌近郊の調査、および小畔・柳原・伊藤らの採集品に基づいたものにはじまり、現在までに 201 種類が報告されている (7-12)。このうち、後志地域における記録は小樽より *Badhamia panicea* Rostaf., *Didymium listeri* Massee, *Mucilago spongiosa* var. *dictyospora* R.E.Fr. の 3 種類が、胆振地域においては胆振 (膽振) より *Stemonitis fusca* var. *flaccida* Lister が報告されている (6) のみであり、*M. spongiosa* var. *dictyospora* (\equiv *M. crustacea* var. *dictyospora* (R.E.Fr.) Neubert, Nowotny & Baumann) は日本産の標本は不明とされる (13)。したがって本研究は、江本による 1938 年の報告以降 78 年ぶりの後志・胆振地域の変形菌相報告となる。またこの論文では好雪種の報告はなく、本研究が両地域初の好雪性変形菌相調査結果を示すこととなる。

本研究では、室蘭市および洞爺湖町南部では好雪種が観察されず、洞爺湖町北部に位置する成香および大原にて *Didymium dubium* が観察され、さらに北上した留寿都村で 14 種類が観察された。変形菌では、子実体観察による調査である地域において特定の種類が採集されなかったことで、その種類が当該地域に生息・分布していないことを示すことは困難である。特に好雪種の子実体形成が観察されるか否かは前年度の積雪開始時期および量が関係しているとされ、例年好雪種が観察される地域において晩秋に急激な土壌凍結が起こった場合、翌年の好雪性変形菌相が激減したことが報告されている (14)。本研究でも、室蘭市と洞爺湖町南部で 2016 年に好雪種が観察されなかったことで、好雪種が当該地域に分布していないことを断定はできない。しかし洞爺湖町北部の 2 地域で厳密な好雪性ではないとされる (5) *D. dubium* が観察され、さらに北上し留寿都村で 14 種類が観察されたことと、室蘭市から留寿都村へ北上するにつれ積雪量と積雪持続期間が増加する (15, 16) ことは、先行研究 (2, 14) において好雪種の分布に積雪量と積雪持続期間が影響する可能性を示す生態学的見解に沿っている。また、本研究の 1 シーズンの調査で後志地域に属する留寿都村にて確認された属および種数 (6 属 14 種類) は、同じく 1 シーズンの調査結果として報告されている大雪山旭岳の 5 属 17 種類 (10)、知床半島の 5 属 13 種類 (17)、青森県の 4 属 12 種類 (18) と同程度であった。このことから、今回 1 シーズンの調査にて後志地域で 14 種類、胆振地域にて 1 種類が報告される結果が調査期間不足によるものとは考えにくく、少なくとも子実体形成に適した条件が地域によって成立していなかったなどの生態的特徴を示している可能性がある。以上のことから、好雪性変形菌の生態解明やそれに基づく低温性アメーバの利活用に向けた培養法確立には、室蘭を南端として北上につれ積雪量と積雪持続期間が変化する胆振・後志地域を今後さらに継続

的に調査し気候変動と子実体形成・分布の関連性を検証することに加え、生活環境中の栄養成長期であるアメーバ・変形体の活動時期の検証、低温耐性や環境適応機構の解明が重要である。

謝辞

野外調査は室蘭工業大学応用理化学系学科微生物工学研究室の石田大祐、岩田勇祐、羽田祐眞、田中佑汰と行った。本研究の遂行にあたり、平成 28 年度室蘭工業大学研究推進経費の助成を受けた。

文献

- (1) 星野保, 辻雅晴, 横田祐司, 工藤栄, 内海洋, 湯本勲, 南極産酵母の環境適応機構の解明とその産業利用, 生物工学, 94(6), 2016, p. 329-331.
- (2) C. Lado, Nivicolous myxomycetes of the Iberian Peninsula: considerations on species richness and ecological requirements, Syst. Geogr. Pl, 74, 2004, p. 143-157.
- (3) A. Ronikier, M. Ronikier, How 'alpine' are nivicolous myxomycetes? A worldwide assessment of altitudinal distribution, Mycologia, 101(1), 2009, p. 1-16.
- (4) Shchepin O, Novozhilov Y, Schnittler M, Nivicolous myxomycetes in agar culture: some results and open problems, Protistology, 8(2), 2014, p. 53-61.
- (5) M. Poulain, M. Meyer, J. Bozonnet, Les Myxomycètes. Fédération Mycologique et Botanique Dauphiné-Savoie, Sevrier, France, 2011, p. 568, + pl. 544.
- (6) 江本義数, 北海道産変形菌, 植物研究雑誌, 52, 1938, p. 160-164.
- (7) 江本義数, 長尾チエ, 東京大学北海道演習林に産する変形菌類, 演習林, (13), 1960, p. 1-11.
- (8) 山本幸憲, 西川恒彦, 北海道産変形菌追加, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, (30), 1995, p. 75-98.
- (9) 矢島由佳, 西川恒彦, 山本幸憲, 北海道の変形菌-旭川市にみられる変形菌-, 北海道教育大学紀要(自然科学編), 56(2), 2006, p. 23-38.
- (10) 矢島由佳, 西川恒彦, 山本幸憲, 北海道の変形菌 II-大雪山旭岳産好雪性変形菌-, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, 40, 2006, p. 53-57.
- (11) 矢島由佳, 西川恒彦, 山本幸憲, 旭川市近郊および大雪山旭岳産変形菌リスト, 北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告, 43, 2009, p. 21-37.
- (12) 矢島由佳, 内田暁友, 近藤則夫, 北海道新産のコアナリホコリ(変形菌綱, ムラサキホコリ科), 知床博物館研究報告, 30, 2009, p. 1-2.
- (13) 山本幸憲, 図説日本の変形菌, 東洋書林, 1998, p. 700.
- (14) M. Schnittler, D.A. Erastova, O.N. Shchepin, E. Heinrich, Y.K. Novozhilov., Four years in the Caucasus - observations on the ecology of nivicolous myxomycetes, Fungal Ecology, 14, 2015, p. 105-115.
- (15) 気象庁: 室蘭気象データ 2015-2016 年, 気象庁ウェブページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2016 年 10 月 1 日閲覧.
- (16) 留寿都村: 気象観測システム年報 2015-2016 年, 留寿都村ウェブページ, <http://120.51.26.100:82/weather/> 2016 年 10 月 1 日閲覧.
- (17) 矢島由佳, 内田暁友, 近藤則夫, 知床半島の好雪性変形菌リスト, 知床博物館研究報告, 30, 2009, p. 3-5.
- (18) 矢島由佳, 近藤則夫, 原田幸雄, 青森県産好雪性変形菌追加, 青森自然誌研究, (14), 2009, p. 33-38.

リグニンスルホン酸による食後高血糖抑制作用

門田 有起也^{*1}, 中川 絵利奈^{*1}, 川南 諭^{*1}, 長谷川 靖^{*2}

Lignosulfonic acid suppresses postprandial hyperglycemia

Yukiya KADOTA, Erina NAKAGAWA, Satoshi KAWAMINAMI and Yasushi HASEGAWA

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

Lignosulfonic acid is a waste lignin produced from the sulfite pulping of softwood. We investigated the effect of lignosulfonic acid on α -glucosidase and found that lignosulfonic acid produced a reversible and non-competitive inhibition of the enzyme activity. Moreover, in human colorectal adenocarcinoma cells, lignosulfonic acid inhibited 2-deoxyglucose uptake, while *in vivo* studies demonstrated a significant reduction in the blood glycemic response to sucrose or glucose ingestion in rats treated with lignosulfonic acid. Feces of rats fed a diet supplemented with 5% lignosulfonic acid had higher sugar content compared to those of rats fed a control diet. These results suggest that lignosulfonic acid suppresses the rise in blood glucose levels through inhibition of α -glucosidase activity and intestinal glucose absorption. Additionally, lignosulfonic acid suppressed increase of blood glucose level in diabetic KK-Ay mice. These results suggest that lignosulfonic acid may be useful as an anti-diabetes agent.

Keywords : lignin, diabetes, α -glucosidase

1 はじめに

リグニンは 4-ヒドロキシフェニル、4-ヒドロキシ-3-メトキシフェニル、4-ヒドロキシ-3、5-ジメトキシフェニル基を含む複雑な構造をもつポリフェノール高分子であり、植物に多く含まれている。リグニンスルホン酸は、製紙工場からパルプ製造過程において副産物として大量に生成するリグニン分解物であり、リグニンの一部がスルホン化された化合物である。リグニンスルホン酸の一部はコンクリートの可塑剤⁽¹⁾や高分子電解質の分散材⁽²⁾などとしても有効利用されているものの、その多くが焼却処分されておりその有効利用が望まれている。

リグニンは、野菜や穀物などの食品に含まれる食物繊維としてよく知られている。食品中に含まれる種々の食物繊維には、大腸がんや肥満、糖尿病などの病気を予防する効果が数多く報告されてきた。リグニンもまた、胆汁酸を結合することによる血中コレステロール濃度低下作用⁽³⁾⁻⁽⁴⁾、リグニンのポリ

*1 室蘭工業大学 環境創生工学系専攻

*2 室蘭工業大学 くらし環境系領域

フェノール構造による抗酸化作用⁽⁵⁾⁻⁽⁶⁾、発がん物質 3,2-ジメチル-4-アミノビフェニルで誘発されるがん化抑制作用⁽⁷⁾などが報告されているが、その報告は非常に少なくその生理活性作用についての十分な知見が得られていない。

糖尿病は、慢性の高血糖状態を示す疾患であり、高血糖が続くと糖尿病性腎症、網膜症、神経障害など眼や腎臓などの様々な臓器に傷害を引き起こす。日本においては 300 万人以上の患者数、20 歳以上の 11 人に一人が糖尿病と報告されておりその予防が強く求められている。予防、治療のため、糖尿病発症に大きくかわる食後高血糖を調節する数多くの物質が報告されている。特に、炭水化物を分解する α グルコシダーゼ活性、 α アミラーゼ活性の阻害物質は、グルコースの生体内への吸収を抑制することから、アカルボース（糖尿病治療薬）など多くの化合物が知られている。食品中の成分であるカテキンや種々のフラボノイド類も酵素活性を阻害することが報告されている。

本研究では、リグニンの食後高血糖に対する効果を調べるため、リグニン分解物であるリグニンスルホン酸を用い α グルコシダーゼ活性、および消化管からのグルコース吸収におよぼす影響、糖負荷後の血中グルコース濃度上昇に対する効果について *in vitro*、*in vivo* の両面から検討を行った。さらに糖尿病発症 KK-Ay マウスを用い血中グルコース濃度上昇に対するリグニンの効果についても検討を行った。

2 概要

2.1 材料と方法

2.1.1 材料

リグニンスルホン酸（平均分子量 8,000）（図 1）、酵母 α グルコシダーゼはシグマ社（St. Louis MO, USA）から購入し実験に使用した。Caco-2 細胞は、理研バイオリソースセンターから購入した。ウイスターラット、KK-Ay マウスは、クレア（東京、日本）から購入した。

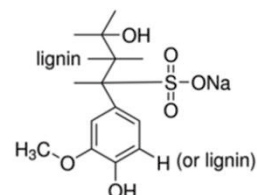


図1. リグニンスルホン酸（ナトリウム塩）の構造（sigma-Aldrichカタログより引用）。
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/471038?lang=ja®ion=JP>

2.1.2 α グルコシダーゼ活性測定

α グルコシダーゼ活性は、Lee and Lee⁽⁸⁾によって述べられた方法によって測定した。種々の濃度のリグニンスルホン酸を 50 mM リン酸緩衝液（pH 7.0）に溶解した α グルコシダーゼ（0.2 U/ml）に添加し、25℃で 30 分間インキュベートした。*p*-nitrophenyl α -D-glucoside を 10 mM になるように添加して反応を開始し、1 M の Na_2CO_3 を添加することによって反応を停止した。酵素活性は 405 nm の吸光度変化を測定することによって決定した。

2.1.3 ヒト結腸癌由来細胞 Caco-2 細胞の培養とグルコース取り込みアッセイ

Caco-2 細胞を 37℃、5% CO_2 存在下、20% 牛胎児血清を含むイーグル最小培地で培養した。6 穴プレートに 6×10^4 個の細胞を播種し、80% コンフルエントまで培養後、無血清培地に交換した。6 時間後、クレブス・リンガーリン酸緩衝液（136 mM NaCl, 5 mM Na_2HPO_4 , 4.7 mM KCl, 1 mM MgSO_4 , 20 mM HEPES-NaOH (pH 7.0) and 1 mM CaCl_2 ）で 3 回洗浄し、2%牛血清アルブミンを含む同緩衝液で 37℃、20 分間インキュベートした。種々の濃度のリグニンスルホン酸と 1 mM の 2-デオキシグルコースを添加し、37℃で 20 分間インキュベートした。溶液を除去後、細胞を PBS で洗浄し 10mM Tris-HCl(pH 7.5)の溶液に懸濁した。超音波破碎後 95℃で 15 分間処理し、14,000 回転で 15 分遠心後の上清を回収した。細胞内に取り込まれた 2-デオキシグルコース量を 2-デオキシグルコース取り込み測定キット（コスモバイオ、東京、日本）を用いて測定した。

2.1.4 生細胞数の定量

Caco-2 細胞の生細胞数は MTT 法⁽⁹⁾を用いて評価した。Caco-2 細胞を 24 穴プレートに 1×10^4 個で播種しリグニンスルホン酸を 62.5 μM 、125 μM の濃度で添加した。24 時間後、MTT(0.5 mg/mL)を添加し 37℃で 4 時間インキュベートした。培地を注意深く取り除いたのち 20% SDS 200 μl を添加してホルマザンを可溶化し、24 時間後 570nm での吸光度を測定した。

2.1.5 糖負荷試験

6 週齢の Wister ラットを購入後、1 週間市販の餌を与え馴化させた。24 時間絶食後、スクロースあるいはグルコース（1.5g/kg）をリグニンスルホン酸（50 mg/kg、あるいは 100 mg/kg）と一緒に経口投与

した。コントロールのラットにはスクロースあるいはグルコースのみを経口投与した。投与前、投与後 30 分、60 分、120 分後に尾静脈より採血しグルコース濃度をグルコメーター（Abott, IL, USA）を用いて測定した。3 回の測定の平均値を計算し統計解析を行った。

動物実験は室蘭工業大学動物実験委員会の承認を得たのち、動物実験に関する規則に従い実施した。

2.1.6 KK-Ay マウス

4 週齢の KK-Ay マウスを購入後、市販の餌を与え 1 週間飼育した。馴化後、基本食を食餌させるコントロールグループ 5 匹と 2% リグニンスルホン酸を含む基本食を食餌させる試験グループ 5 匹にわけ 4 週間飼育した。毎週、体重の測定、血中グルコース濃度の測定を行った。基本食の組成は、20% カゼイン、15% コーンスターチ、5% 大豆油、5% AIN-76A ミネラル混合物、5% AIN-76A ビタミン混合物、1% L-システイン、0.3% コリン、20% ラード、23.7% スクロース、3% セルロースを用いた。試験グループではリグニンスルホン酸 2%を、コントロールグループではセルロース 2%を追加して食餌させた。毎日 10g を食べさせ、水は自由飲水させた。

2.1.7 統計処理

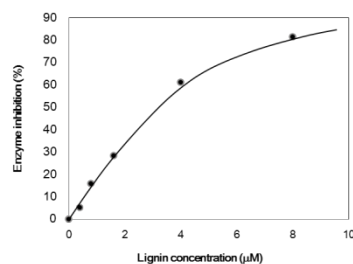
各実験は少なくとも 2 回実施した。データは平均値と標準偏差で示し、有意差検定は一次元の ANOVA あるいは student *t*-test によって実施した。

3 結果

3.1 α グルコシダーゼ活性に対するリグニンスルホン酸の効果.

リグニンスルホン酸は α グルコシダーゼ活性を濃度依存的に阻害し、3 μ M の濃度で活性を約 50%阻害した (図 2A)。両逆数プロットの結果から、リグニンスルホン酸の α グルコシダーゼに対する阻害形式は非拮抗的であり、リグニンスルホン酸が酵素および酵素-基質複合体両方に結合することによって活性を阻害すると考えられた (図 2B)。また、データは示さないが Dixon プロットから 10.6 μ M の阻害定数をもつことがわかった。

(A)



(B)

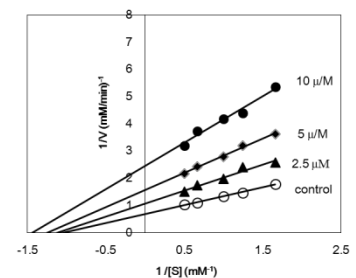


図2. α グルコシダーゼ活性に対するリグニンスルホン酸の効果.

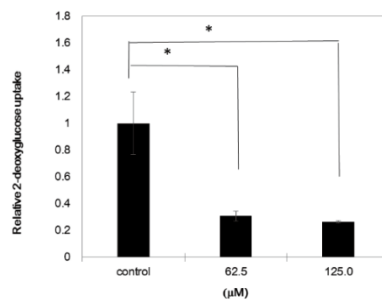
(A) 0, 0.5, 1, 2, 4, 8 μ M のリグニンスルホン酸存在下における α グルコシダーゼ活性阻害率.

(B) 0, 2.5, 5, 10 μ M のリグニンスルホン酸存在下における両逆数プロット.

3.1 Caco-2 細胞への 2-デオキシグルコース取り込みに対するリグニンスルホン酸の効果.

Caco-2 細胞は広くヒト小腸からの栄養吸収のモデル細胞として使用されてきた。2-デオキシグルコースの取り込み量はリグニンスルホン酸の存在下において有意に抑制され 62.5 μ M の濃度においておよそ 80% まで取り込みを阻害した (図 3A)。一方、この濃度においてリグニンスルホン酸は細胞に障害を与えなかった (図 3B)。

(A)



(B)

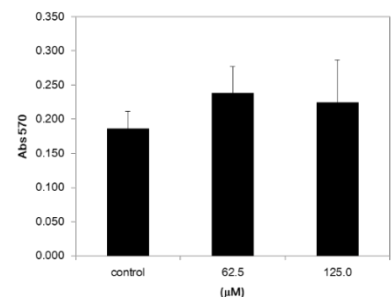


図3. Caco-2細胞への2-デオキシグルコース取り込みに対するリグニンスルホン酸の効果.

(A) 62.5 μ M, 125 μ M のリグニンスルホン酸存在下での2-デオキシグルコース取り込み阻害作用.

(B) 62.5 μ M, 125 μ M のリグニンスルホン酸存在下での細胞毒性評価 (MTTアッセイ)

3.3 グルコース、スクロースの糖負荷試験に対するリグニンスルホン酸の効果.

リグニンスルホン酸の *in vivo* の効果を調べるため、スクロースあるいはグルコースの投与後におこる血中グルコース濃度の上昇をリグニンスルホン酸が抑制するかどうか検討を行った。スクロースを経口投与後、血中のグルコース濃度はおよそ 30 分で 45 mg/dL から 120 mg/dL に増加し、その後徐々に減少した (図 4A)。しかし、50 mg/kg あるいは 100 mg/kg でリグニンスルホン酸を同時投与することによって血中グルコース濃度の上昇は有意に抑制された。血中濃度-時間曲線下面積 (AUC) も有意に減少した (図 4B)。グルコースを経口投与したときもまた、リグニンスルホン酸を同時に投与することによって血中グルコース濃度の上昇が抑制された (図 4C)。これらの結果は、リグニンスルホン酸が α グルコシダーゼ活性を阻害するだけではなく、グルコースの小腸からの吸収も阻害することによって血中グルコース濃度上昇を抑制していることを示している。さらに、データは示さないがリグニンスルホン酸 5% を含む餌をウイスターラットに毎日食餌させたところ、コントロールの餌を食餌させたラットに比べ糞中の糖含量がおよそ 1.7 倍有意に高いことがわかった。この結果もまた、リグニンスルホン酸が糖の分解、吸収を抑制していることを支持している。

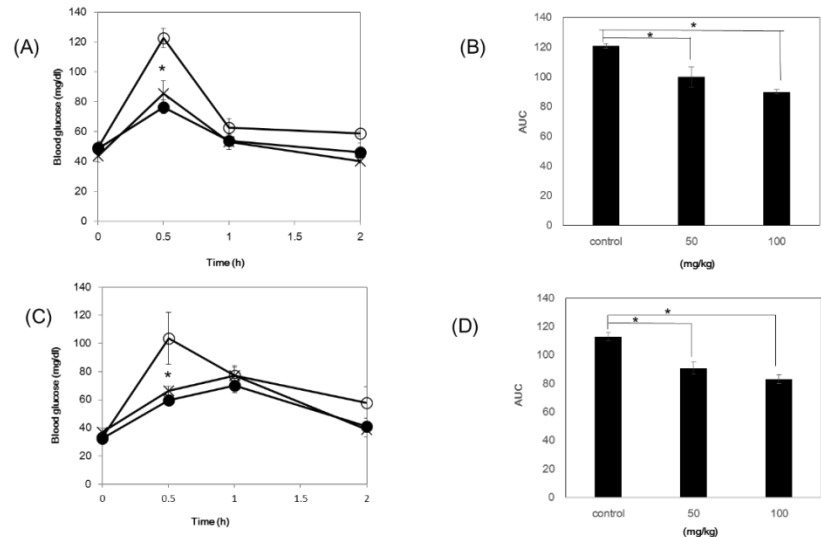


図4. 糖負荷試験に対するリグニンスルホン酸の効果. (A)スクロースの経口投与後の血糖値変化. リグニンスルホン酸50 mg/kg (×), 100 mg/kg (●)の同時投与. コントロール (○). (B) (A)の血中濃度-時間曲線下面積 (AUC). (C) グルコースの経口投与後の血糖値変化. リグニンスルホン酸50 mg/kg (×), 100 mg/kg (●)の同時投与. コントロール (○). (D) (C)の血中濃度-時間曲線下面積 (AUC).

3.4 KK-Ay 糖尿病発症マウスの血中グルコース濃度に対するリグニンスルホン酸の効果.

上記の実験結果を受け、リグニンスルホン酸を食餌することによって、糖尿病発症マウスの血中グルコース濃度の上昇が抑制されるかどうか検討を行った。基本食を食餌させた KK-Ay マウスでは、最初 60 mg/dL であった血中グルコース濃度が 8 週間後には 160 mg/dL まで増加した (図 5A)。一方、2% リグニンスルホン酸を含む餌を 8 週間毎日食餌させたマウスでは血中グルコース濃度の上昇が有意に抑制された。8 週間後の血中グルコース濃度はコントロール食を食餌させたラットのおよそ半分にまで抑制された。一方、体重、脂肪組織重量は有意な変化を見出すことはできなかった (図 5B, 5C)。この結果もまた、リグニンスルホン酸が血中グルコース濃度の上昇を抑制する有効な物質であることを示している。

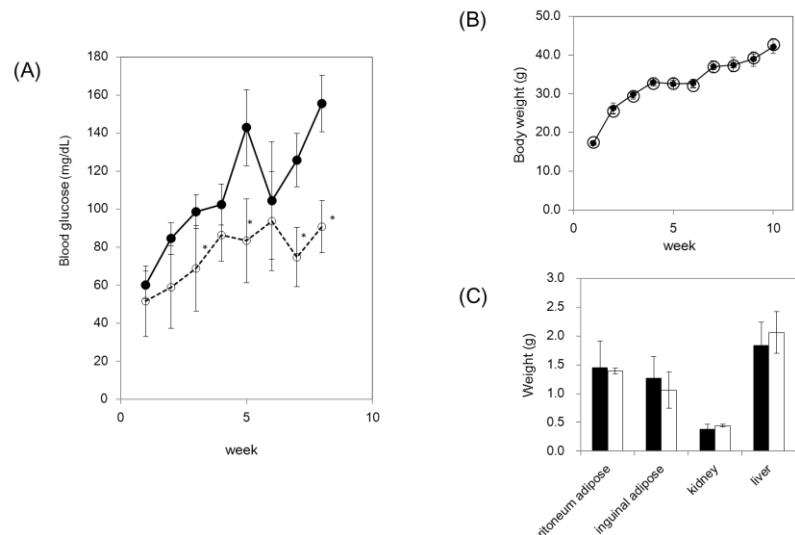


図5. 糖尿病発症KK-Ayマウスに対するリグニンスルホン酸の効果. (A)血糖値の変化. 基本食 (●), リグニンスルホン酸食 (○). (B)体重の変化. (C)各臓器 (後腹膜脂肪組織、鼠蹊部脂肪組織、腎臓、肝臓) 重量の変化. 基本食 (黒棒), リグニンスルホン酸食 (白棒).

4 考察

本研究において、リグニンスルホン酸が α グルコシダーゼ活性を阻害することを明らかにした。データは示さないが、リグニンスルホン酸の硫酸基がチオール基に置換されたアルカリリグニンもまた同様に酵素活性を阻害することを明らかにしてきた。この結果は、硫酸基、チオール基が阻害活性に寄与していないことを示している。リグニンは 4-ヒドロキシフェニル、4-ヒドロキシ-3-メトキシフェニル、4-ヒドロキシ-3,5-ジメトキシフェニル基を含む複雑な構造をもつポリフェノール高分子である。4-ヒドロキシフェニル、4-ヒドロキシ-3-メトキシフェニルを含む *p*-クマリン酸、フェルラ酸は α グルコシダーゼ活性を阻害しないことが報告されていることから⁽¹⁰⁾⁻⁽¹¹⁾、酵素活性の阻害にはリグニンスルホン酸の複雑な構造が寄与していると考えられる。

リグニンは主要な食物繊維の一つであるがその機能については、あまり知られていない。多糖であるキサンタンガムなどの食物繊維では、その粘度によってグルコースが拡散する速度を抑えグルコースの小腸からの吸収を遅延、抑制することが報告されている⁽¹²⁾。一方、リグニンスルホン酸は粘性が低くグルコースの拡散速度を抑制しなかった（データは示していない）。グルコースの経口投与後における血中グルコース濃度の上昇抑制は、小腸からのグルコース取り込み阻害によるものと考えられる。この結果は、2-デオキシグルコースの Caco-2 細胞への取り込みを阻害した結果からも支持される。

リグニンスルホン酸 2%を含む餌を食餌させた糖尿病発症 KK-Ay マウスでは血中グルコース濃度の上昇が有意に抑制された。リグニンスルホン酸は α グルコシダーゼ活性を阻害することによって、グルコースの小腸からの取り込みを阻害することによって血中グルコース濃度の上昇を抑制したものと考えられる。これらの結果は、リグニンスルホン酸は食後高血糖を抑える成分として、糖尿病を予防する成分として有効な物質と考えられる。リグニンを豊富に含むゴボウなどの野菜や穀物は糖尿病を予防するために有効な食品と考えられる。

文献

- (1) Zhe W, Jingwen X, Jishi Z, Wenxia L., Concrete superplasticizer prepared from catalytic oxidation of lignosulfonate., *Adv. Mater. Res.* (in), 424, 2012, p. 1088-1092.
- (2) Glennie DW., Reactions in sulfite pulping. *In: Lignin: occurrence, formation., Structure and reactions* (Sarkanen KV, Ludwig CH, eds) (in), 1971, p. 597-637. Wiley, New York.
- (3) Eastwood MA, Hamilton D., Studies on the absorption of bile salts to non-absorbed components of diet., *Biochem Biophys Acta* (in), 152, 1968, p. 165-173.
- (4) Barnard DL, Heaton KW., Bile acids and vitamin A absorption in man : the effects of two bile acid-binding agents, cholestyramine and lignin., *Gut* (in)14, 1973, p. 316-318.
- (5) Dizhbite T, Telysheva G, Jukjane V, Viesturs U., Characterization of the radical scavenging activity of lignins-natural antioxidants., *Biores Technol* (in), 95, 2004, p. 309-317.
- (6) Pouteau C, Dole P, Cathala B, Averous L, Boquillon N., Antioxidant properties of lignin in polypropylene., *Polym Degrad Stabil* (in), 81, 2003, p. 9-18.
- (7) Reddy BS, Maeura Y, Wayman M., Effects of dietary corn bran and autohydrolyzed lignin on 3, 2-dimethyl-4-aminobiphenyl-induced intestinal carcinogenesis in male F344 rats., *J Natl Cancer Inst* (in), 71, 1983, p. 419-423.
- (8) Lee DS, Lee SH., Genistein, a soy isoflavone, is a potent α -glucosidase inhibitor., *FEBS Lett* Vol.501, 2001, p. 84-86.
- (9) Manthorpe M, Fagnani R, Skaper SD, Varon S., An automated colorimetric microassay for neuronotrophic factors., *Brain Res.* (in), 390, 1986, p. 191-198.
- (10) Nishioka T, Kawabata J, Niki R., Isolation and activity of *N-p*-coumaroyltyramine, an α -glucosidase inhibitor in welsh onion (*Allium fistulosum*)., *Biosci Biotech Biochem* (in), 61, 1997, p. 1138-1141.
- (11) Niwa T, Doi U, Osawa T., Inhibitory activity of corn-derived bisamide compounds against α -glucosidase., *J Agric Food Chem* (in), 51, 2003, p. 90-94.
- (12) Ou S, Kwok KC, Li Y, Fu L., In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose., *J Agric Food Chem* (in), 49, 2001, p. 1026-1029.

経路生成レギュレータによる 進入角度を考慮した四輪車両の溝横断走行

平岡 圭介^{*1}, 花島 直彦^{*2}, 吉田 英樹^{*3}, 藤平 祥孝^{*2}, 水上 雅人^{*2}

Ditches crossing considering approach angles for car-like robots by Path-generating regulator

Keisuke HIRAOKA^{*1}, Naohiko HANAJIMA^{*2},
Hideki YOSHIDA^{*3}, Yoshinori FUJIHIRA^{*2} and Masato MIZUKAMI^{*2}

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

In the uneven terrain such as landfill, there are drainage ditches for draining rainwater. Width and depth of the ditch considerably varies depending on position in it. Therefore, it is important to choose appropriate position and approach angle toward the ditch for the car-like robot to traverse the ditch without slip or stuck. We have proposed a navigation method in which the car-like robot follows the straight line across the ditch to realize the appropriate position and approach angle using the path-generating regulator functionality. In this paper, we applied the method to an autonomous all-terrain vehicle and discussed the experimental results. We found out the following results. At the moment that the robot started to follow the straight line, if the magnitude of the attitude angle error to a target value was small, it was able to track the straight line before reaching the ditch. If not, it tended to be difficult to reach the ditch before reaching. We made some proposal for improvement about this issue as well.

Keywords : Path-generating regulator, ditches, approach angles, car-like robot, traverse

1 はじめに

世界各地で広範囲な土地におけるフィールド調査が行われている。これを人の力で行うと多大な労力

*1 室蘭工業大学 生産システム工学系専攻
*2 室蘭工業大学 もの創造系領域
*3 室蘭工業大学 くらし環境系領域

や時間がかかってしまうため、自律走行車両を応用する研究がされている。

我々が対象としているフィールドには雨水を排水するための排水溝が点在しており、溝の幅や深さは場所によっては様々である。それゆえに、このような溝の通過の際にはスリップや立ち往生することなく溝を通過するために適切な通過位置や進入角度で車両を誘導する必要がある。もし、このような誘導法が開発されれば、他の不整地走行車両にも活用できると考えられる。

経路生成レギュレータ（以下、PGR）は目標経路関数群を設定し、それに属する関数の接線方向に車両の向きを漸近させることを原理とする^[1]。この手法は、特異点(車両が拘束される点)を通らなければ、どんな状態からでも原点へ収束できる利点があり、**chained form** による非ホロノミックシステムの制御法に必要な変数変換が不要であることやリアプノフ関数による安定性解析などの特徴がある。文献[2]では、PGR の四輪車両への拡張が行われ、文献[3]では四輪車両の直線経路追従問題への拡張が行われている。また、文献[4]では、溝や段差などの直線形状の障害物回避を目的とした PGR に関する研究も行われている。

文献[5]では、四輪車両が PGR による原点収束制御中に、溝を通過する問題を取り扱い、溝に接近し通過する過程で、指定の進入角度にて直線走行する方法を採用し、この区間を直線経路追従 PGR にて誘導する方法を提案した。さらに、シミュレーション結果を示し、走行軌跡の検証を行った。

本研究では文献[5]で提案された溝横断手法を実機に適用し、得られた走行軌跡とシミュレーション結果と比較することにより、実環境下における影響や制御則の有効性を検証する。

2 経路生成レギュレータ

ここでは文献[5]で提案した手法について詳細に説明する。

2.1 四輪車両の数式モデル^[2]

本研究では、四輪車両型移動ロボットを使用するため、拡張のために提案されたモデルとそのモデルにおける運動方程式についての説明を行う。

PGR は非ホロノミック車両の制御のため、車輪が横滑りしないと考える。そのため車軸と垂直方向の速度を 0 とすると、四輪車両のモデルは図 1 と表せる。また、左右のタイヤ特性に差がないと仮定すると左右の車輪は車両の前後軸と車軸との交点にそれぞれ集中していると考えられる。そのため、四輪車両は図 2 のような二輪車両モデルとして考えることができる。

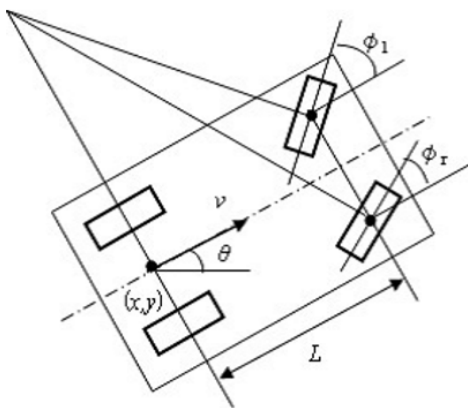


図 1 四輪車両モデル

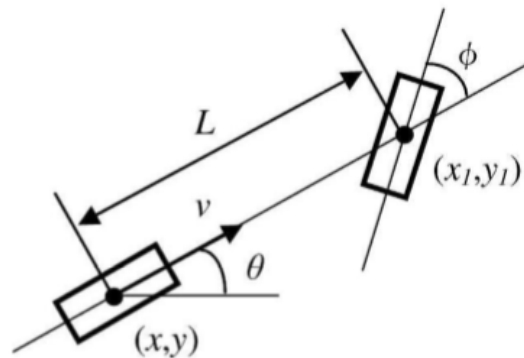


図 2 四輪車両モデルの二輪等価モデル

図 2 における四輪車両モデルの運動方程式は次式のように示す。

$$\dot{x} = u_1 \cos \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\dot{y} = u_1 \sin \theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\dot{\theta} = \frac{\tan u_2}{L} u_1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、後輪車軸中心を (x, y) 、前輪車軸中心を (x_1, y_1) 、ホイールベースを L 、 x 軸と車両の前後軸のなす角を θ 、操舵角を Φ 、前後方向の速度を v とする。操作量として速度 v と操舵角 Φ を用い、 $u_1 = v$ 、 $u_2 = \Phi$ とする。速度 v は操作量であるため $-\pi/2 \leq u_2 \leq \pi/2$ の制限を受ける。また、 $u_1=0$ の場合に $\dot{x} = \dot{y} = \dot{\theta} = 0$ となり、車両は平衡状態になる。

2.2 経路生成レギュレータの指令値^[1]

ここでは、ある位置 (x, y, θ) から原点 $(0, 0, 0)$ に整定されるレギュレータ問題を考える。PGR の制御則は車両の姿勢角を目標姿勢角に漸近させる制御則である。よって、目標姿勢角 θ_r と車両姿勢角 θ の偏差を δ とすると次式が成り立つ。

$$\delta = \theta - \theta_r \quad \dots\dots\dots (4)$$

そして、偏差 δ を 0 に収束させるために、操舵角指令値は u_2 で表される。

$$u_2 = \tan^{-1} \left[\frac{L}{u_1} \left\{ -\lambda(\theta - \theta_r) + \frac{\partial \theta_r}{\partial x} u_1 \cos \theta + \frac{\partial \theta_r}{\partial y} u_1 \sin \theta \right\} \right] \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 $\lambda > 0$ である。また、以上の条件下では次式を求めることができる。

$$\dot{\delta} = -\lambda \delta \quad (u_1 \neq 0) \quad \dots\dots\dots (6)$$

これより δ は 0 に収束することがわかる。

次に、原点 $((x, y, \delta)=(0, 0, 0))$ が漸近安定となるような車速指令値 u_1 を説明する。次のようにリアプノフ関数の候補をおく。

$$V = \frac{1}{2}(\delta^2 + \lambda_1 x^2 + \lambda_2 y^2) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここで、 $\lambda_1, \lambda_2 > 0$ である。式(7)を時間微分し、 u_1 でまとめると、車速指令値は次式で表される。

$$u_1 = -\lambda_1 x \cos \theta - \lambda_2 y \sin \theta \quad \dots\dots\dots (8)$$

2.3 大域的な原点収束の目標姿勢角^[2]

原点収束の経路関数群は文献[2]の実験により原点収束が確認されている次式の 2 次関数群を用いる。この 2 次関数群は大域的な経路関数群とする。

$$y = kx^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 k は任意の定数とする。また、車両の位置を (x, y) とすると目標姿勢角 θ_r は次式で示す。

$$\tan \theta_r = \frac{\partial y}{\partial x} \quad \dots\dots\dots (10)$$

次に、式(9)の両辺を x で微分した式に式(10)を代入する。目標姿勢角 θ_r についてまとめると次式のように求めることができる。この目標姿勢角 θ_r は大域的な目標姿勢角とする。

$$\theta_r = \tan^{-1} \left(\frac{2y}{x} \right) \quad \dots\dots\dots (11)$$

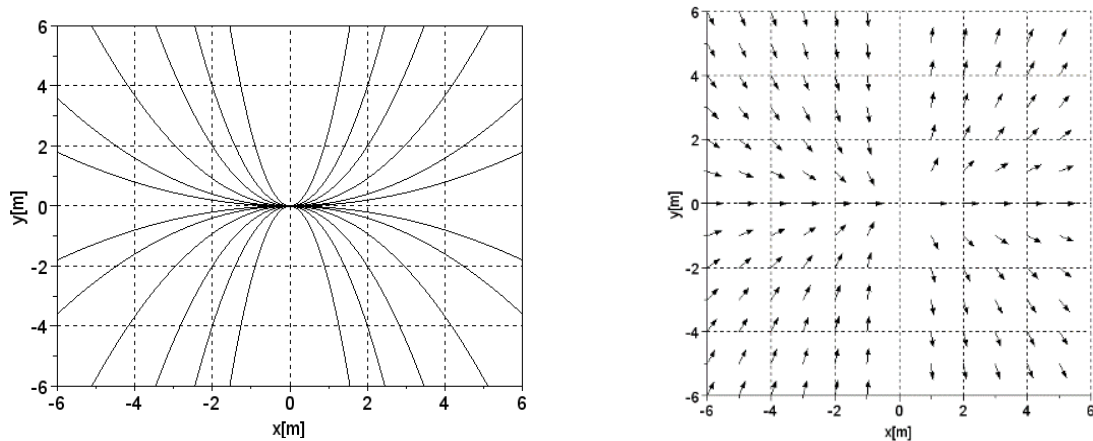


図 3 大域的な経路関数群と目標姿勢角

図3の左図は大域的な経路関数群、右図は大域的な目標姿勢角 θ_r をベクトルで表したものである。

2.4 局所的な直線経路追従の目標姿勢角^[2]

ここでは、四輪車両が溝を横断するときの手法について説明する。図4のように溝を横断するとき、溝に対して垂直に進入する場合と斜めに進入する場合の二通り考えられる。文献[6],[7]では溝の形状が段差の場合を検討しているが、車両が溝に対して垂直に進入する場合より斜めに進入する場合の方が横断しやすいことを理論的に考察している。しかし、ただ角度をつけて進入するだけでは横断の際にスリップや立ち往生する場合があるので、溝の幅や深さなどから適切な位置や進入角度に誘導する必要がある。ここでは、溝を通過する際に適切な位置や進入角度が与えられたときに、それに沿う直線経路を設定し、これに誘導することができる手法を提案する。

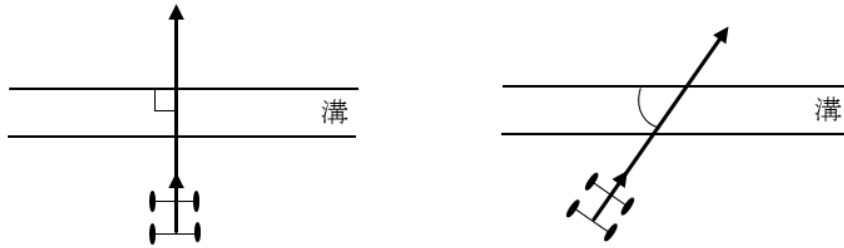


図4 溝に対して垂直に進入する場合(左図)と斜めに進入する場合(右図)

本手法における直線経路への誘導には文献[3]より提案された手法を用いる。これは追従させたい直線経路にある通路幅を持たせ、その通路幅の中に直線経路に収束する関数群を設定する。そして、この関数群の接線方向を車両の目標姿勢角とすることにより、目標とする直線経路に追従させる。この関数群は図5のようにシグモイド関数を用いて構築する。本研究では、原点収束制御中に溝を横断する問題を取り扱うので原点収束はグローバル座標系により行い、直線経路追従は溝の横断の際に設定するローカル座標系で考える。ローカル座標系における車両の位置を (x', y') とするとこの関数群は次式で表される。

$$y' = \frac{W}{1 + e^{ax+b}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

a は曲線の傾きを調整する正定数、 b は曲線の位置を平行移動する実数、 W は通路の半分の幅である。ここで、図6のように溝の目標通過位置を (x_c, y_c) 、 x 軸の負の向きと x' 軸のなす角を目標進入姿勢角 α とし、ローカル座標系とグローバル座標系との関係式は次式に示す。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\alpha) & -\sin(-\alpha) \\ \sin(-\alpha) & \cos(-\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (13)$$

次に、式(10)の変数を $(x, y) = (x', y')$ 、 $\theta_r = \theta_g$ とすると目標姿勢角 θ_g は次式で表される。

$$\tan \theta_g = \frac{\partial y'}{\partial x'} \quad \dots\dots\dots (14)$$

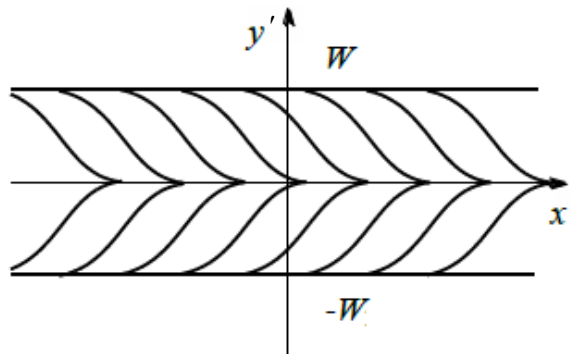


図5 直線経路関数群

式(12)の両辺を x' で微分した式に式(13)を代入する。目標姿勢角 θ_g についてまとめると次式のように求め

ることができる。この目標姿勢角 θ_g は局所的な目標姿勢角とする。

$$\theta_g = \tan^{-1}\left(\frac{a}{W} y'(W - |y'|)\right) + \alpha \quad \dots\dots\dots (15)$$

図7は局所的な目標姿勢角 θ_g をベクトルで表したもので、赤の一点鎖線が追従したい経路である。

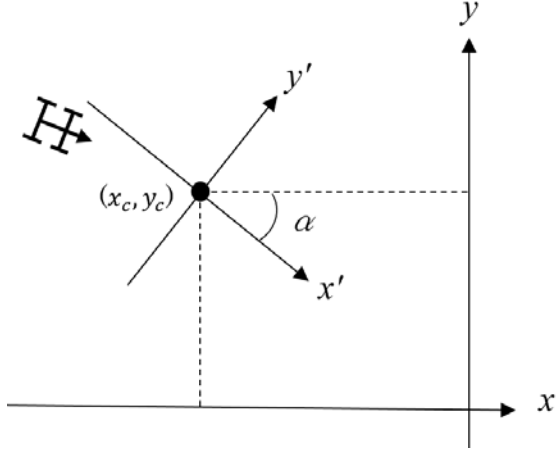


図6 グローバル座標系とローカル座標系

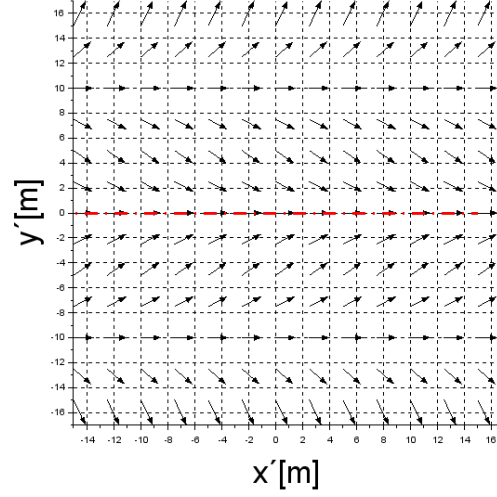


図7 直線経路関数群の目標姿勢角 θ_g , $W=10$

2.5 溝を考慮した PGR の目標姿勢角

PGR の特徴は車両の追従すべき目標姿勢角を状況に合わせて変更できる点である。本手法では、大域的な原点収束の目標姿勢角から溝近傍で局所的な直線経路追従の目標姿勢角に変更することで溝を通過する手法を提案する。しかし、ただ目標姿勢角を変更するだけでは図8のように急激なベクトル変化となってしまう、無理な操舵をとる恐れがある。よって、連続的に接続するために重み関数を導入する。

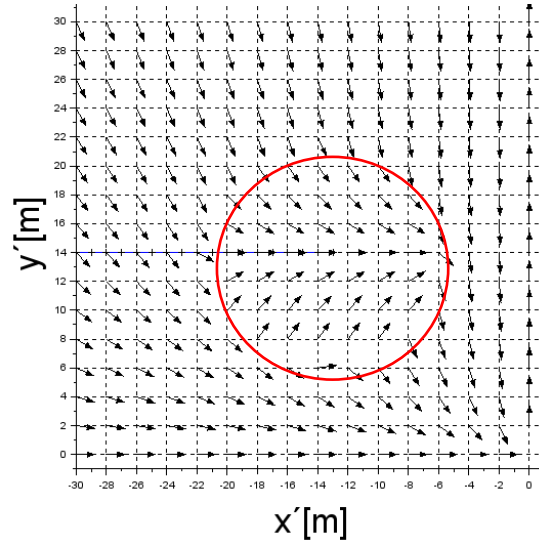


図8 重み関数無しの場合、赤丸内が直線経路追従、赤丸外が原点収束

溝近傍の目標姿勢角と大域的な目標姿勢角を連続的に接続するために、次のような重み関数 m_t を定義する。図9は L_c と m_t の関係グラフである。

$$m_t = \frac{1}{1 + \exp\{-d(L_c - c) - qi\}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$L_c = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

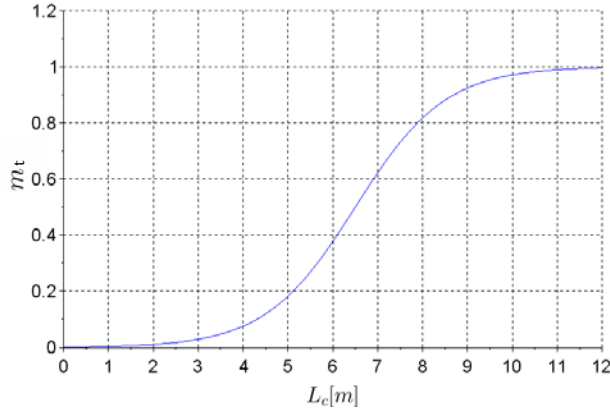
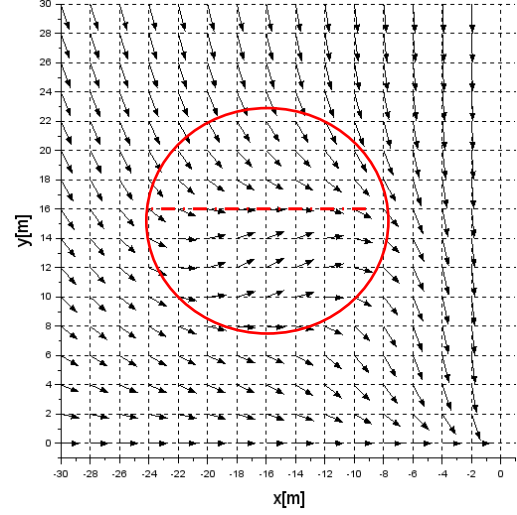

 図 9 L_c と m_t の関係グラフ


図 10 直線経路関数群

ここで d, c は正の定数、 L_c は車両と目標通過位置との距離である。 q は溝通過前を 0、通過後を 1 とし、 i の値により通過後の重みを調整する。重み関数 m_t の値は車両と目標通過位置との距離に応じて、 $0 \sim 1$ の間で変化する。重み関数 m_t を用いて式(11)、(15)を足し合わせた次式が、溝を考慮した際の目標姿勢角となる。

$$\theta_f = (1 - m_t)\theta_g + m_t\theta_r \quad \dots\dots\dots (18)$$

この式は目標通過位置との距離に応じて連続的に θ_r から θ_g に変化する。図 10 は θ_f をベクトルで表したものである。

2.6 溝を考慮した PGR の指令値

PGR の姿勢角制御に対応している操舵角指令値 u_2 は式(5)を基にして次式が得られる。

$$u_2 = \tan^{-1} \left[-\frac{L\lambda}{u_1} (\theta - \theta_f) + \frac{\partial \theta_f}{\partial x} L \cos \theta + \frac{\partial \theta_f}{\partial y} L \sin \theta \right] \quad \dots\dots\dots (19)$$

ここで、 θ_f では x, y の両方を変数として使用しているため、式(9)を偏微分すると次式となる。

$$\frac{\partial \theta_f}{\partial x} = \frac{\partial \theta_g}{\partial x} (1 - m_t) + \frac{\partial \theta_r}{\partial x} m_t \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{\partial \theta_f}{\partial y} = \frac{\partial \theta_g}{\partial y} (1 - m_t) + \frac{\partial \theta_r}{\partial y} m_t \quad \dots\dots\dots (21)$$

各項について解いた後にまとめると、溝を考慮した PGR の操舵角指令値は次式で定義される。

$$u_2 = \tan^{-1} \left[-\frac{L\lambda}{u_1} (\theta - (1 - m_t)\theta_g - m_t\theta_r) + \frac{(-aW \sin(-\alpha)(W - 2|y'|)(x^2 + 4y^2) - 2ym_tW^2 + 2ym_t a^2 y'^2 (W - |y'|)^2) L \cos \theta}{(W^2 + a^2 y'^2 (W - |y'|)^2)(x^2 + 4y^2)} + \frac{(-aW \cos(-\alpha)(W - 2|y'|)(x^2 + 4y^2) - 2xm_tW^2 + 2xm_t a^2 y'^2 (W - |y'|)^2) L \sin \theta}{(W^2 + a^2 y'^2 (W - |y'|)^2)(x^2 + 4y^2)} \right] \quad \dots\dots\dots (22)$$

車速指令値は大域的な PGR と局所的な PGR で変更する。文献[2]より、大域的な PGR の車速指令値 u_{1r} は式(8)を用いる。

$$u_{1r} = -\lambda_1 x \cos \theta - \lambda_2 y \sin \theta \quad \dots\dots\dots (23)$$

次に、局所的な PGR の車速指令値 u_{1g} は x 軸 $((y, \delta) = (0, 0))$ が漸近安定となるように設定する。文献[3]より、局所的な PGR の車速指令値 u_{1g} は次式を用いる。

$$u_{1g} = -(1 - K_m e^{-c_m y^2}) \frac{1 - e^{-c_y \sin \theta}}{1 + e^{-c_y \sin \theta}} V_m + K_m e^{-c_m y^2} V_m \quad \dots\dots\dots (24)$$

u_{1g} の第一項目がリアプノフ安定性を重視する制御則、第二項目は前進を重視する制御則である。 V_m は速度の上限を示す。どちらかを重視するのかを $K_m e^{-c_m y^2}$ の値を変更することにより調整することができる。

ただ変更するだけでは切り替え時に急激な速度変化が起こり、車両制御に影響を及ぼす可能性がある。よって、切り替え時に次式のような重み関数を導入する。

$$m_{u_1} = \frac{1}{1 + \exp\{-d_u(L_c - c_u)\}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

ここで、 d_u と c_u は任意の定数とする。車速指令値 u_1 は次式のように表せる。

$$u_1 = (1 - m_u)u_{1r} + m_u u_{1g} \quad \dots\dots\dots (26)$$



図 11 四輪車両

3 実験

提案手法が実機でも有効にはたらくかを実験により検証する。シミュレーション結果も同時に示し、実環境の影響についても考察する。

3.1 内容

実験時に使用する四輪車両は図 11 に示す市販されている ATV に機材を取り付けた車両である。実験場所は、草が生い茂った未舗装で所々凹凸のある広いフィールドである。初期位置は $(x, y, \theta) = (-35, 20, 0)$ とし、原点 $(0, 0)$ まで走行させる。尚、初期位置の設定はスケールにより距離を測って設定する。溝の数は1つとし、その位置をスケールと GPS によって測定し、グローバル座標系において溝を表す直線の式 $y = 0.5x + 24$ を求めた。この直線上に目標通過位置 $(x_c, y_c) = (-16, 16)$ を設定する。目標進入姿勢角 α は 0 度、-20 度、-40 度、-60 度の場合で実験を行う。試行回数は各 3 回行う。最高速度は安全性を考慮して u_{1r} が 5[km/h]、 u_{1g} が 3[km/h]と設定する。

表 1 制御則パラメータ

L	λ	λ_1	λ_2	a	b	c	W	d_u	c_u
1.27	1.0	0.1	0.1	0.2	0.5	15	20	0.5	12

3.2 結果

実験結果を図 12～15 に示す。左図が x - y 軸の車両軌跡を示す。橙色の実線が実機の走行軌跡、青色の点線がシミュレーションの走行軌跡、黒点が目標通過位置、赤線が溝の線、黒の一点鎖点が追従したい直線経路である。位置座標は GPS によって取得しているが、初期位置はスケールによって計測して設定

したため、若干の違いがある。シミュレーションの初期位置は実験で GPS にて計測した値に合わせてある。右図は時間と車両姿勢角の関係を示すグラフである。青の細線が大域的な PGR 制御、赤の太線が局所的な PGR 制御、縦軸黒線は車両が溝の線を横断した時刻、横軸黒線は車両が目標進入角度 α を示す。下図は操舵角の時間応答のグラフである。青線が操舵指令値、緑線が実測値である。

3.3 考察

溝を通過する際に車両が目標進入姿勢角と目標通過位置で溝を通過できているかを考察する。図 12 より $\alpha=0$ では、車両は直線経路を追従しながら目標進入姿勢角で目標進入位置を通過し、その後原点に収束していることが確認できる。図 13 より $\alpha=-20$ では、目標通過位置において車両が目標進入姿勢角となっていないが、目標通過位置を通過し、その後原点に収束していることが確認できる。図 13 の姿勢角のグラフより、17 秒付近から目標進入姿勢角の -20 度に徐々に近づいており、24 秒以降も直線経路追従を続ければ目標進入姿勢角に到達できていたと考えられる。さらに、図 13, 14 より $\alpha=-40, -60$ では、最終的に原点には収束できているが、溝の目標通過位置に到達した時点で、まだ直線経路追従が完了しておらず、結果として目標通過位置を通過できていない。大域的な目標姿勢角から局所的な直線経路追従の目標姿勢角に切り替わるときの車両の姿勢角と目標進入姿勢角の偏差が大きいほど、直線経路に達するまでの時間を要し、目標通過位置を通過できていないことが確認できる。例えば、直線経路追従制御に移るタイミングをもう少し早くするため、直線経路追従のための関数群として採用した式(12)の a のパラメータを大きくし、シグモイド関数の傾きを大きくすることにより改善が期待できる。ただし、文献[8]より a を上げすぎると x 軸周辺の操舵変化が大きくなり、オーバーシュートの原因となるので適切な調整が必要である。そのほか、直線経路追従に早く移行するため、式(16)で表される重み関数の中の c の値を大きくして、 θ_f における θ_g の影響範囲を広くすることができる。このようにして、溝通過のための目標進入姿勢角と目標通過位置をパラメータによって調整することが可能となる。

次にシミュレーションとの比較を行う。図 12~15 より、全ての実機走行軌跡はシミュレーションの走行軌跡に比べて軌跡が少し膨らんでいるのが確認できる。これは、シミュレーションでは車両の操舵角が操舵角指令値 u_2 に遅れがなく追従することを前提にしていたが、実際の装置では図 12~15 の操舵角の時間応答に示すとおり、応答に遅れが生じている。この遅れは、操舵装置や駆動装置の動特性、さらにはタイヤと地面の間にはたらく摩擦、地形の起伏などによる操舵抵抗によるものと考えられる。これらが原因となり操舵角制御に影響を与え、実験とシミュレーションの軌跡に違いがでたと考えられる。

4 結言

本稿では、車両にてフィールド調査を行うときに、目的地に向かう途中で排水溝などの直線的な溝を横断する問題を扱った。大域的には原点に収束し、溝に接近し通過する際には、局所的に指定の進入角度をもつ直線経路に追従させる文献[5]の手法を採用し、実機において実証実験を行い、次の結論を得た。1つ目は、 α が小さい場合には、当初の意図通り制御則が機能することが確認できたことである。2つ目は、 α が大きい場合、大域的な原点収束動作から局所的な直線経路追従に切り替わるときに、現在の車両姿勢角と目標進入姿勢角の偏差が大きいほど、直線経路に達するのに時間を要し、直線経路に到達する前に溝に到達してしまう現象を確認したことである。直線経路は溝の横断に適した場所を通るように設定してあるので、この現象が生じると、例えば通過に危険がある位置で溝を横断する場合がある。これを避けるため、切り替え時の姿勢角偏差を小さくするように直線経路を設定すること、制御則中のパラメータ a や c を調整する方策も提案した。3つ目は、操舵装置や駆動装置の動特性、タイヤと地面の間にはたらく摩擦、地形の起伏などによる操舵抵抗により、実機の操舵角の応答には目標値に対して遅れが生じることを確認したことである。この遅れは、直線経路への追従特性にも影響するため、先と同様の方策が必要であろう。

本稿では溝が既知の場合を取り上げたが、溝が未知の状態にも対応できるように、今後はリアルタイムでの溝検出をする手法も考えていくことが課題である。

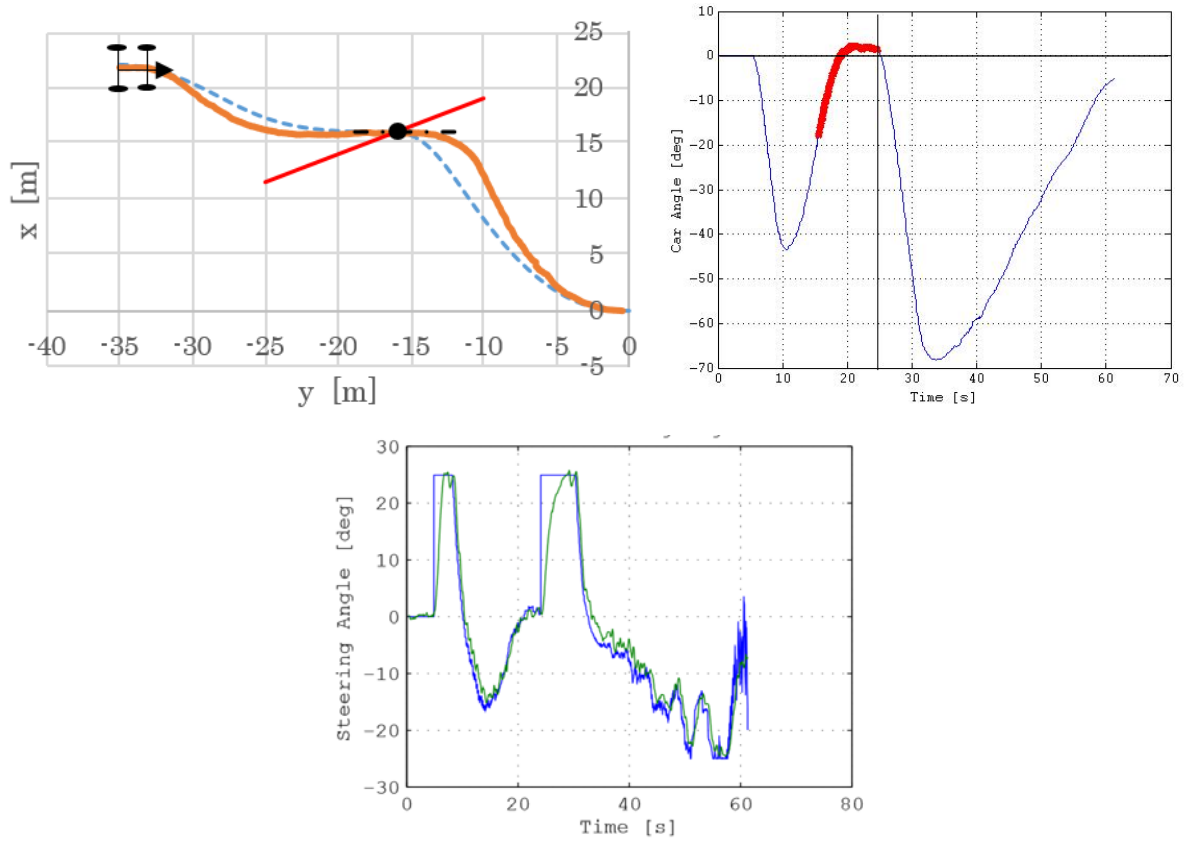


図 12 $\alpha=0$ 度（左図：車両軌跡，右図：時間と車両姿勢角，下図：時間と操舵角変化）

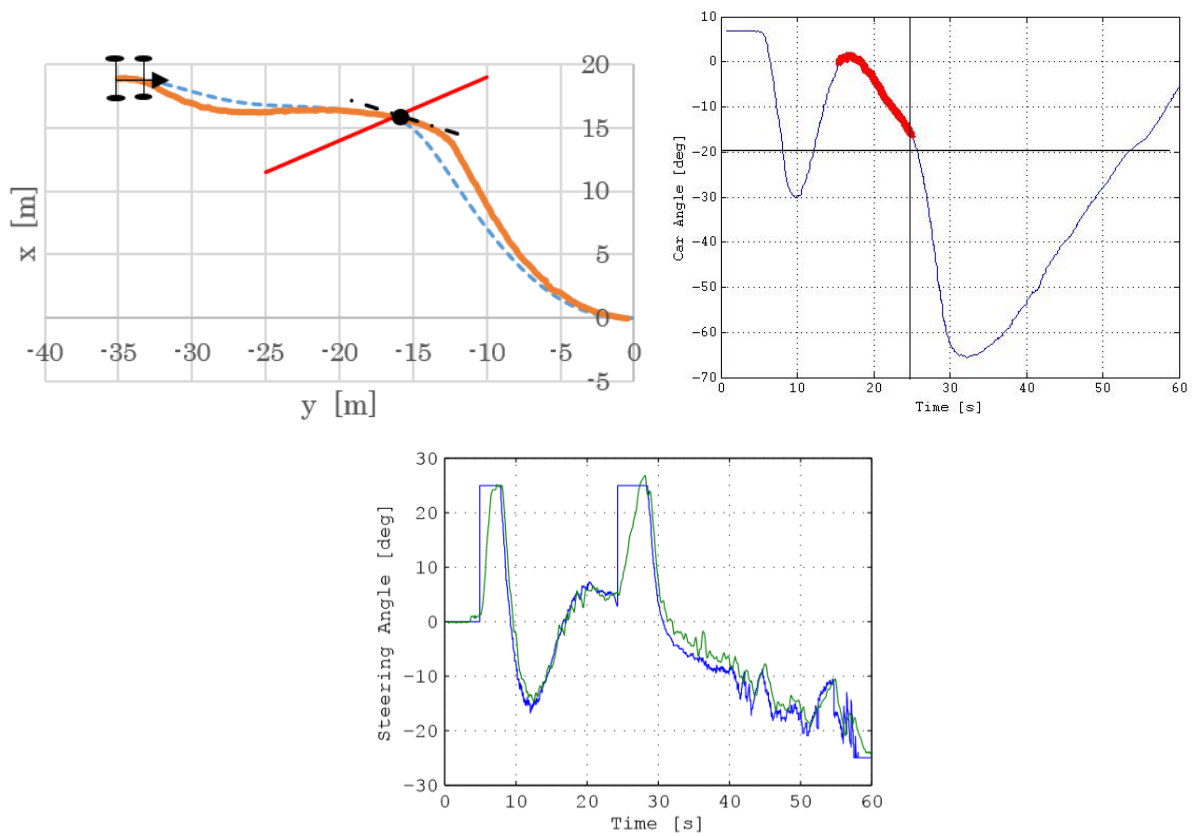


図 13 $\alpha=-20$ 度（左図：車両軌跡，右図：時間と車両姿勢角，下図：時間と操舵角変化）

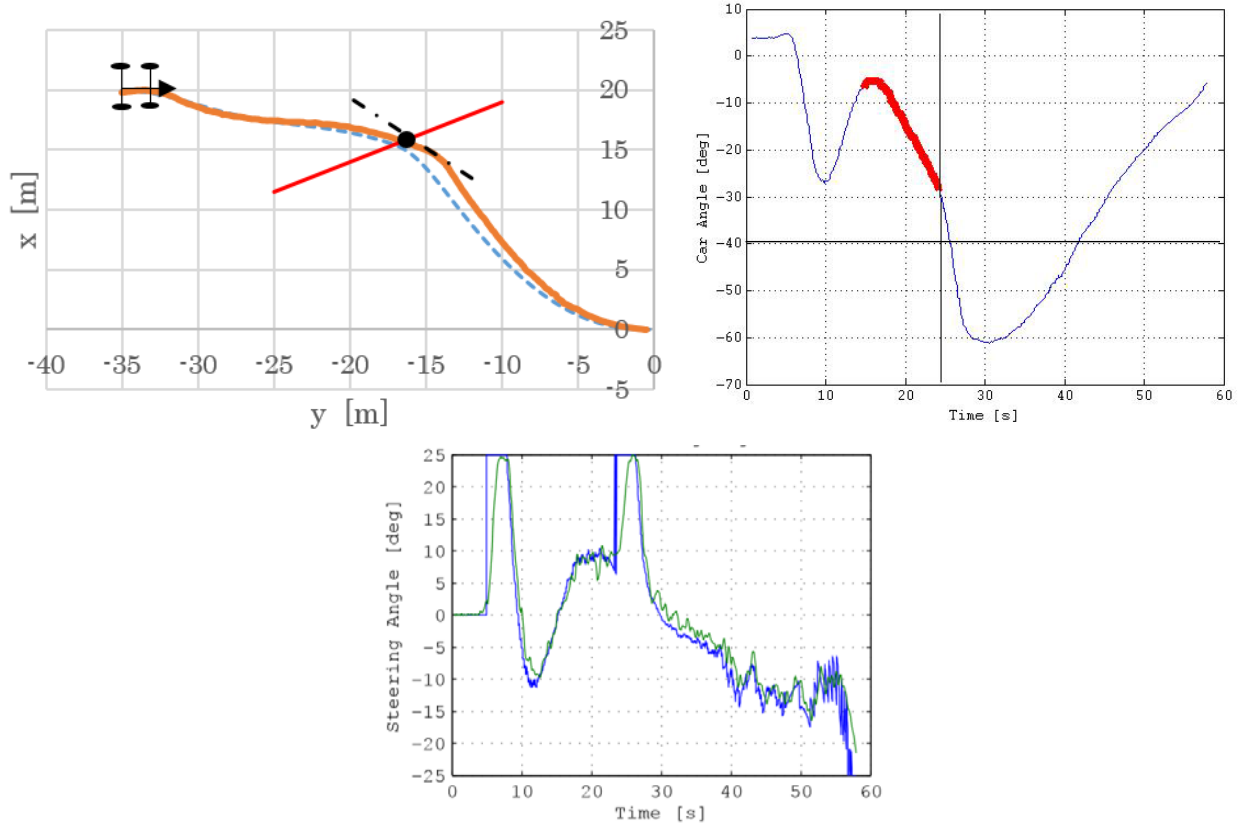


図 14 $\alpha = -40$ 度 (左図 : 車両軌跡, 右図 : 時間と車両姿勢角, 下図 : 時間と操舵角変化)

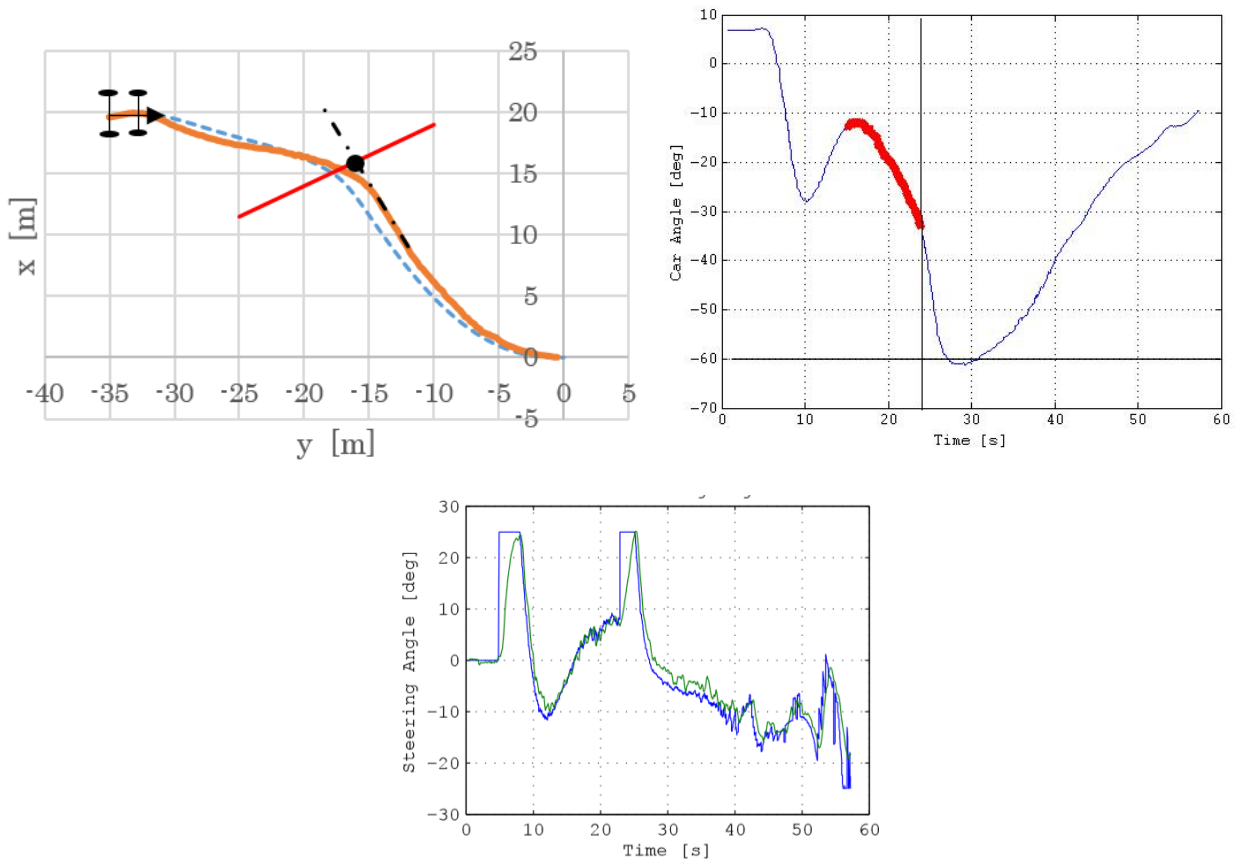


図 15 $\alpha = -60$ 度 (左図 : 車両軌跡, 右図 : 時間と車両姿勢角, 下図 : 時間と操舵角変化)

謝辞

本研究の実施に際し、室蘭工業大学環境科学・防災研究センターのご支援をいただきました。さらに、スズキ株式会社様には本研究の実施に欠かせない四輪車両を貸与して頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 高島昭彦, 他: “経路生成形レギュレータによる非ホロノミック車両のフィードバック制御”, 日本機械学会論文集(C編), vol. 70, no. 689, p. 120-126, 2004.
- [2] 樽海靖孝, 他: “経路生成形レギュレータによる四輪車両の走行制御”, 日本機械学会論文集(C編), vol. 79, no. 801, p. 1693-1708, 2013.
- [3] N. HANAJIMA, B. YANG, W. LUO, J. DAI and A. TAKASHIMA: “Path-generating regulator along a straight passage for car-like robots”, Proc. of 12th Int. Con. on Motion and Vibration Control (MOVIC 2014), (2014), 1B15, 12 pages.
- [4] 淡路承吾, 他: “経路生成形レギュレータによる直線形状障害物回避に関する研究”, 第 45 回学生員卒業研究発表講演, p. 292-293, 2016.
- [5] 平岡圭介, 他: “四輪型車両における溝への進入角度を考慮した経路生成形レギュレータ”, ロボティクス・メカトロニクス論文集, P160, 2A2-06b7, 2016.
- [6] 池田毅, 他: “段差乗越え時の接触点における滑りを考慮した車輪モデル”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, p. "1P1-E11", 2012.
- [7] 池田毅, 他: “進入角度による段差の乗り越えやすさを考慮した車輪モデル”, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, p. "2P1-F12(1)"-"2P1-F12(4)", 2010.
- [8] 羅威: “経路生成形レギュレータによる四輪型車両の直線・円弧追従”, 第 47 回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集, vol. 47, p. 21-22, 2015.
- [9] Yang B., Hanajima N., Yamamoto A., Ayamura M., Jun Dai: “Path-generating regulator along a straight passage for two-wheeled mobile robots”, Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013 IEEE/RSJ International Conference on, p. 4837-4844, 2013.

AE 計測による石炭地下ガス化 (UCG) 燃焼・ ガス化体積の推定

板倉 賢一^{*1}, 濱中 晃弘^{*2}, 蘇 発強^{*1}, 猪股 英紀^{*1}, 佐藤 孝紀^{*1},
高橋 一弘^{*1}, 出口 剛太^{*3}, 児玉 淳一^{*4}

Estimation of Combustion and Gasification Volume in Underground Coal Gasification (UCG) Process by means of AE Monitoring

Ken-ichi ITAKURA, Akihiro HAMANAKA, Fa-qiang SU, Hidenori INOMATA, Kohki SATOH,
Kazuhiro TAKAHASHI, Gota DEGUCHI and Jun-ichi KODAMA

(原稿受付日 平成 28 年 12 月 22 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

To recover coal gas and heat energy from an underground coal seam abandoned for either technical or economic reasons, we are developing safe and efficient Underground Coal Gasification (UCG) techniques. A typical UCG system has two wells drilled from the surface into a coal seam with some separation of injection from production. The wells are connected underground by various linking techniques. After creating a combustion reactor in an underground coal seam, air and oxygen flow through the injection well. Heat energy and gases are collected from the production well. In this process, the fracturing activity inside the coal seam serves an important role for enlargement of the gasification zone because the surface area oxidization increases continuously by coal cracking. On the other hand, excess fractures inside the coal seam and surrounding rock can induce gas leakage, underground water contamination, subsidence, etc. Therefore, monitoring and control of fracturing activity in underground areas constitute key technologies for efficient and safe UCG development.

To monitor fracturing activity, we used Acoustic Emission (AE) monitoring during UCG model experiments using artificial coal seam. Through the experiments, it was found that the combustion and gasification volume in the coal seam was possible to estimate from the AE source location data. Therefore, AE monitoring is a useful tool to evaluate combustion reactors for efficient and safe UCG systems.

Keywords : *UCG, underground coal gasification, AE, acoustic emission, fracturing*

*1 室蘭工業大学 環境科学・防災研究センター

*2 九州大学 大学院工学研究院地球資源システム工学部門

*3 NPO 法人地下資源イノベーションネットワーク

*4 北海道大学 大学院工学研究院環境循環システム部門

1 はじめに

IEA (International Energy Agency) の報告¹⁾によると、化石燃料の中では圧倒的に石炭の埋蔵量が多く、世界75カ国で産出可能といわれている。世界の発電量においても、石炭が最も多く使われ、今後もその傾向は変わらないと予測されている。

我が国においても、近年、天然ガスの需要が増大しているが、エネルギー源としては原油について石炭が多く、この割合は今後も変わらないであろう²⁾。その石炭の99%は、輸入に依存しているのが現状である。しかしながら、我が国の石炭が既に枯渇したわけではない。経済的、技術的な理由で採炭に値しない未利用石炭が、約300億トンある。しかも、深度を6,000mまで下げると、北海道だけでも5,000億トンと見積もられている³⁾。現在の我が国の石炭使用量で換算すると、約2,800年分に相当する。こうした未利用石炭資源の活用技術の一つに、石炭の地下ガス化 (UCG : Underground Coal Gasification) がある。

図-1 は、一般的な UCG の概念図である。地下の炭層に2本のボーリング孔を穿ち、炭層内で連結 (リンクキング) し、炭層に着火した後、一方から酸化剤 (空気と酸素の混合ガス) を送り他方から生成ガスを回収する⁴⁾。

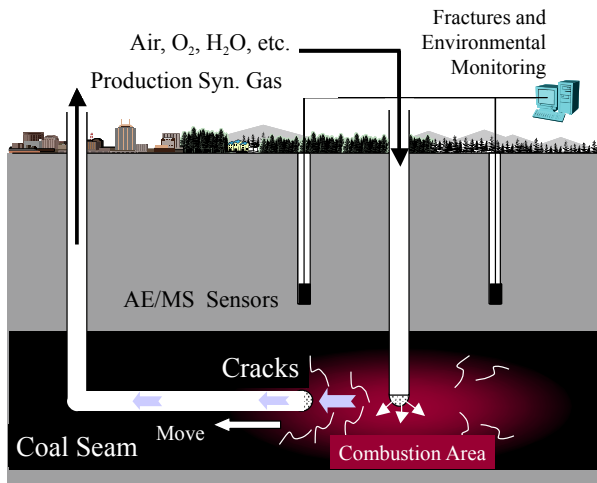


図-1 リンキング方式の石炭地下ガス化 (UCG)

これにより、地上の設備は簡便になり、石炭灰、ガス化残滓等の処理が不要になる。すなわち、経済的で低環境負荷型な石炭利用方法である。

生成ガスの活用方法としては、ニーズに応じて合成天然ガス、アンモニア化学肥料、メタノール、軽油、ナフサ、発電等に利用される。これは、対象とする石炭の炭質にもよるが、地表から送風する空気や酸素、水蒸気の割合に応じて、生成ガス成分の割合を、ある程度制御できるからであり、UCGの利点の一つでもある。

このUCGを、我が国の浅部 (0~1,200m深度) の未利用石炭に適用するには、解決しなければならない問題がある。経済性を考慮すると、厚層かつ連続した石炭層に対して複数のボーリングを掘削し、大規模なUCGを展開する必要があるが、我が国の浅部にはそのようなUCG展開に適した石炭層が少ない。また、浅部ではUCGの燃焼空洞周辺に発達した炭層・岩盤内のき裂により、地上へのガス漏洩、地盤沈下、地下水汚染の危険性がある。図-2は、過度な炭層や岩盤の破壊が引き起こす岩盤工学的な問題を表している。

一方で、燃焼領域周辺の熱応力による炭層内のき裂は、ガス化効率を左右する。すなわち、き裂の進展により酸化比表面積が増大し、燃焼・ガス化が連鎖反応として進展する。これにより、燃焼・ガス化領域が拡大、移動する。図-3は、この破壊による燃焼・ガス化領域の拡大を表した図である。

このように UCG に伴う炭層内の破壊活動は、安全性とガス化効率に関する二面性を有している。いずれの場合も、ガス化に伴う破壊活動の監視と制御が重要になる。本研究では、この破壊活動に注目し、破壊の監視として破壊音 (AE : Acoustic Emission) 計測法を検討してきた⁵⁾。特に、炭層内の温度変化と AE 発生頻度の関係、および AE 震源標定結果を用いた石炭の燃焼・ガス化領域の推定を試みている。以下に、人工炭層を用いた UCG モデル実験で計測した AE 活動に関して得られたいくつかの知見を報告する。

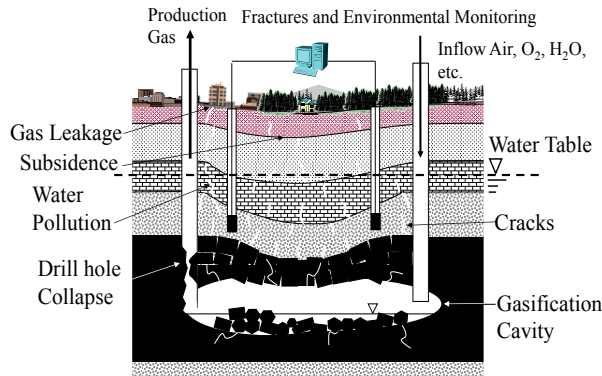


図-2 石炭地下ガス化の岩盤工学的問題

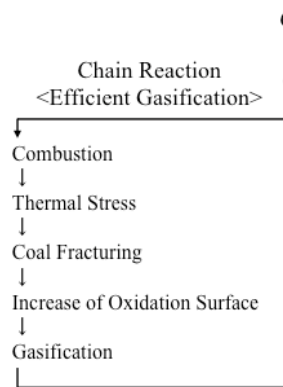


図-3 炭層破壊と石炭の燃焼・ガス化

2 人工炭層 UCG 実験

人工炭層 UCG 実験の全体図を、図-4 に示す。鋼製タンク内に、塊炭と粉炭の混合石炭を圧密充填することで、 $0.6 \times 0.55 \times 2.74$ m (幅×高さ×長さ) の人工炭層 (約 1.1 トン) を作製し、直径 45 mm、厚さ 1 mm のステンレス製の穴開きパイプ (パンチングパイプ) を埋設することにより注入孔、生産孔、リンキング孔を再現した。図中の Injection Hole 1 と Injection Hole 2 が空気と酸素の混合気体を注入する孔であり、Production Hole が生成ガスを回収する生産孔である。使用した石炭は、株式会社砂子組・三笠露天坑の美唄層の石炭である (表-1)。

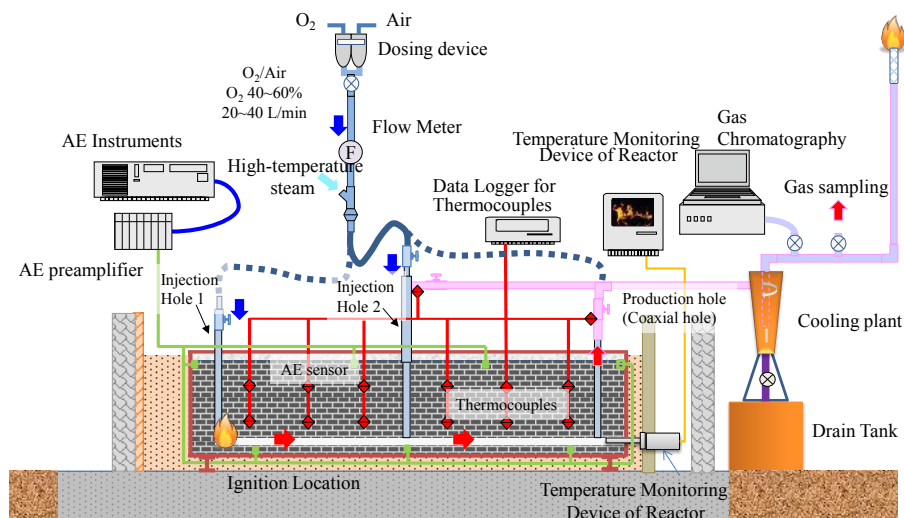


図-4 人工炭層を用いた石炭地下ガス化実験システム

表-1 美唄層石炭の代表的な工業分析値と元素分析値

水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	全硫黄 (%)	発熱量 (MJ/kg)
3.20	17.42	37.97	41.41	2.05	26.35

C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
3.20	17.42	37.97	41.41	2.05

この人工炭層を用いて、リンキング方式2種類と同軸方式1種類の、三つの実験を行った。ここで、リンキング方式とは、酸化剤を送る注入孔と生産ガスを回収する生産孔の2本の孔を用いる方法である。同軸方式とは、1本の孔に二重管を入れ、内管を注入孔、外管を生産孔として用いる方法である。

・実験1：生産孔の下部で着火し、Hole 1から酸化剤を供給してHole 1方向に燃焼・ガス化領域を誘導する計画であったが、実際にはHole 1の孔底から燃焼・ガス化が進行、拡大した。この間、Hole 2は、閉じた状態になっている。酸化剤の全流量は25～29L/min、酸素流量は約20L/min（酸素濃度74～81%）である。この実験の終了時には、Hole 1から二酸化炭素を注入して消火した。

・実験2：生産孔の孔底で着火を試みたが、燃焼・ガス化が進行したのは、Hole 2の孔底からであった。この実験では、Hole 1を閉じ、Hole 2から酸化剤を供給し、生産孔からガスを回収した。酸化剤の全流量は20L/min、酸素流量16L/min（酸素濃度80%）である。終了時には、Hole 2から窒素を注入して消火した。

・実験3：Hole 1とHole 2を閉じた状態で、生産孔に同軸管（二重管）を設置して、生産孔周辺の石炭を対象に、同軸試験を実施した。酸化剤の流量と酸素割合は、当初の全流量を18L/min、酸素流量13L/min（酸素濃度74%）で開始した。しかし、1時間程度で同軸管の先端部分が溶断したため、その後、同軸管を交換して、全流量10L/min、酸素流量5L/min（酸素濃度53%）から、全流量28L/min、酸素流量21L/min（酸素濃度75%）まで段階的に流量と酸素の割合を増加させた。終了時には、二酸化炭素を注入して消火した。

実験1と実験2で、着火個所から燃焼・ガス化を進行できなかったのは、着火時の供給酸素濃度が比較的高かったことと（80%程度）、リンキング孔内の粉炭の影響と考えられる。

本報告では、その中で最も安定して生成ガスを回収でき、尚且つAE活動が活発であったHole 2を用いた2回目の実験2の結果について述べる。

(1) 実験装置

実験中は、K型熱電対（SUS310S; Chino 製）およびデータロガー（GL220; Graphtec 製）を用いて炭層内温度を計測した。AEの検出には、圧電型加速度トランスデューサ（620HT; Teac 製）を用い、AE波形をアンプ（SA-611; Teac 製）によって増幅の後、デジタル・オシロスコープ（GR-7000; Keyence 製）でAE波形全体を記録した。図5、6に熱電対および圧電型加速度トランスデューサの配置を示す。尚、本報告では、AE4からAE10の7個のトランスデューサにより検出されたAE波形を解析の対象にした。生成ガスの成分分析は、PC制御によりサンプリングから分析までを自動的に行うことが可能なマイクロガスクロ（Micro GC 3000A; Agilent Technologies 製）を用いて、1時間毎に分析した。分析対象としたガス成分は、酸素（O₂）、窒素（N₂）、二酸化炭素（CO₂）、水素（H₂）、一酸化炭素（CO）、メタン（CH₄）、エチレン（C₂H₄）、エタン（C₂H₆）、プロピレン（C₃H₆）、プロパン（C₃H₈）である。

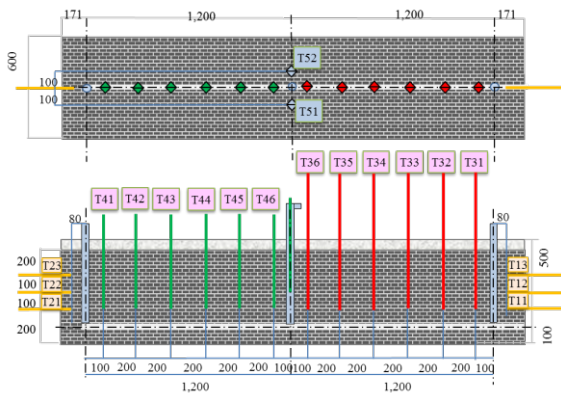
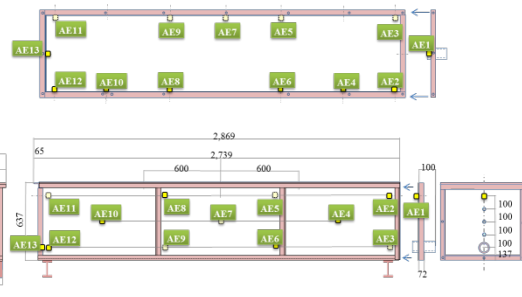


図-5 熱電対配置図 (上：平面図, 下：側面図)


 図-6 圧電型加速度トランスデューサの配置図
(上：平面図, 下：側面図)

(2) 実験手順

人工炭層への着火には、市販の着火剤と木炭を用いた。加熱した木炭を図-4 の生産孔 (Production Hole) の孔底に投入し、生産孔から黒煙が上がり石炭への着火を確認した後に、注入孔 (Hole 2) から酸素と空気の混合気体を注入した。燃焼・ガス化は 45 時間継続し、実験終了時には、注入孔から窒素を注入して消火した。

3 実験計測結果

(1) 炭層温度

炭層内温度を図-7 に示す。炭層内温度は生産孔の孔底で着火したにもかかわらず、注入孔の両側の熱電対 (T46 と T36) の温度が急上昇し数時間でピーク値 (約 1,300℃) に達した後、800℃まで徐々に低下する傾向を示した。これらの熱電対に続いて、リンク孔と直交する注入孔周辺に設置した熱電対 (T51 と T52) の温度が急上昇し、10～15 時間経過時点でピーク値 (1,200～1,300℃) に達し、その後 800℃まで徐々に低下していった。更に 10 時間経過後には、T46 と T36 の外側に配置した熱電対 (T35 と T45) も徐々に温度上昇を示し、最終的には 600℃以上を示している。

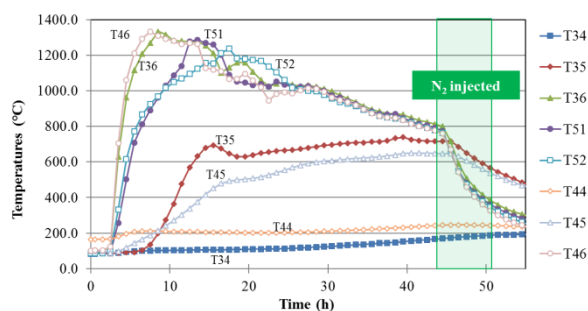


図-7 炭層内温度と AE イベント数の経時変化

以上より、燃焼・ガス化領域は注入孔 (Hole 2) 下部からその周囲の上部に向かって、さらには注入孔からリンク孔に沿って外側に拡大していったものと推察できる。燃焼・ガス化領域が着火箇所周辺からではなく、注入孔付近から始まった原因は明らかでないが、室内規模の実験では燃焼チャンネルのスケールが石炭の熱伝導率や透過性と比較し小さいため、逆燃焼実験の実施が困難であることが報告されており⁶⁾、本実験においても燃焼チャンネルの長さが火炎の移動速度に対して十分でなかったため、燃焼領域が注入孔付近へ急速に移動したと推察される。

(2) 生成ガス濃度および反応石炭量の推定

図-8 は、生成ガスの主要成分の濃度変化を示している。図-8 より、着火後 CO 濃度が急激に増加し、それに相反して CO₂ 濃度が低下していることがわかる。H₂ 濃度は時折急増しているが、おおよそ 10%前後で推移している。CO 濃度がピーク値を過ぎ徐々に減少する間、CO₂ 濃度は徐々に増加していき、実験終了時点では CO 濃度は 10%を下回り、CO₂ が 50~60%を占めている。発熱量のピークは CO 濃度のピークと一致しており、おおよそ 12 MJ/m³である。

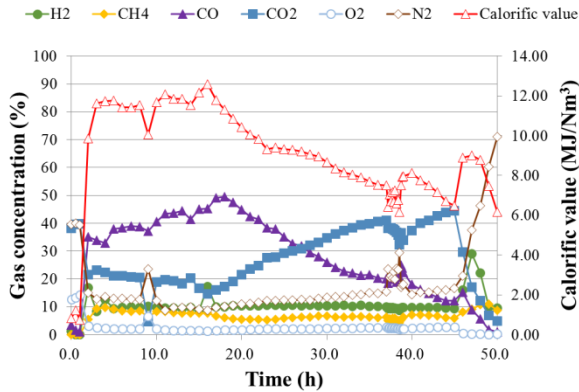


図-8 生成ガスの主要成分の濃度変化

次に、生成ガス濃度の結果より化学量論に基づく石炭の反応式の酸素収支を求め、反応石炭量を推定した。海保らは、石炭ガス化の反応式を (1) 式のように表すことで、生成ガスの H₂、CO、CO₂、CH₄ の濃度 (dry, N₂ free) を p、q、r、s とすると、酸素収支 α と水収支 β が、m、n 及び p、q、r、s によって表せることを示した^{7), 8)}。



すなわち、酸素収支 α は (2) 式で表せる。

$$\alpha = (q + 2r - p - 2s) / 2(q + r + s) + (0.5m - n) / 2 \quad (2)$$

また、酸素収支 α が求まると、(3) 式により注入酸素量 (反応した酸素量) から反応石炭量を求めることができる。

$$\text{反応石炭量 (kg)} = \text{酸素注入量 (mol)} / \alpha \times 12 / 1,000 \times C (\%) / 100 \quad (3)$$

以上より、本実験により得られた生成ガス濃度の結果に (1) ~ (3) 式を適用すれば、約 52.4kg の石炭が燃焼・ガス化により反応したと推定される。

4 AE計測による燃焼・ガス化領域の推定

実験中に計測された AE 波形を用いて、AE 震源標定を試みた⁹⁾。結果を図-9 に示す。ここで、震源位置を球で表し、球の大きさは相対エネルギーを反映している。相対エネルギーは、AE 震源位置における AE 波形の最大振幅値を二乗した値であり、破壊の規模を反映している。同図では、AE の発生時期に関

して前期を赤、中期を緑、後期を青で表している。

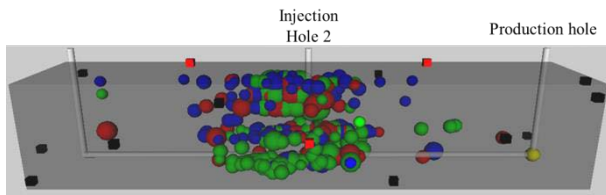


図-9 AE 震源標定解析結果

図-9より、着火した生産孔下部ではなく、注入孔周辺で多くのAEが発生していることがわかる。また、AEの発生時期と領域に関して、前期に発生したAEは注入孔周辺に集中している一方で、中期や後期では注入孔の上部に広がるような形状でAEが発生していると考えられる。これらの結果は、前節の炭層温度結果と調和的である。

次に、AE震源標定結果を用いて、燃焼・ガス化に伴う反応石炭量の推定を試みた。すなわち、3次元形状に対する要素分割法であるドロネー三角形分割法¹⁰⁾およびボクセル法を用いた反応石炭量の推定を試みた。ドロネー三角形分割法では、AE震源標定で得られた3次元点群データから、点群を逐次添加法により四面体で結合し、構築された立体モデルの体積を評価する。本手法では、相対エネルギーが0.01以下のAEデータと、AE震源分布の重心から一定距離以上のAEを除外して体積評価を行った。

ボクセル法では、図-10のような3次元形状の立体を格子点上の立方体（ボクセル）の集合として表現し、発生したAEの相対エネルギーに応じて一定範囲のボクセルに値を入力し、最終的にボクセルに入力された値の総和を反応石炭の体積として評価する。本手法では、相対エネルギーとボクセル体積の関係式として、本手法によって得られる反応石炭量が生成ガスの成分から推定された反応石炭量に近い値を示すように、(4) 式を試行錯誤的に定めた。

$$y = 6.14 x \quad (4)$$

ここで、 x ：相対エネルギー、 y ：ボクセルの体積（L）である。

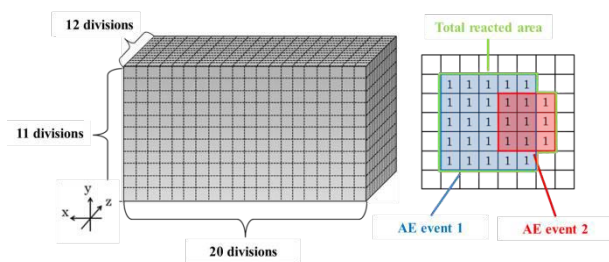
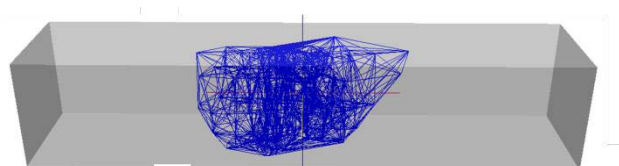


図-10 ボクセル表現

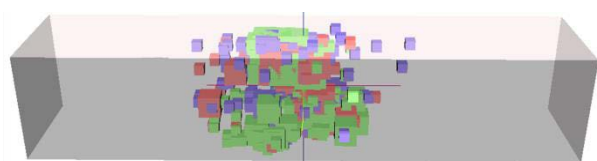
図-11 (a)、(b)にドロネー三角形分割法およびボクセル法による燃焼・ガス化領域の推定図を示し、表-2にそれぞれの手法による反応石炭量の推定結果を示す。

ドロネー三角形分割法より推定された体積＝79.9 Lから求めた反応石炭量は71.9 kgとなり、ガス分析結果から推定した反応石炭量と比べると、27.1%の誤差がある。この大きな誤差の原因としては、ドロネー四面体分割法の特徴上、凸形状で立体モデルを構築するため、燃焼領域が非凸形状である場合、過大に燃焼領域を推定してしまうことが挙げられる。また、本手法では、AE震源データを点群データとして取り扱っており、AEの相対エネルギーを考慮していないことも問題点として挙げられる。したがって、燃焼・ガス化体積の正確な推定のために、解析に用いる適切な点群データの選定、解析を行うデータ範囲の分割、AEの相対エネルギーに応じた大きさのボクセルや球を震源に与えて燃焼・ガス化体積を表現するなどの改善が必要である。

ボクセル法より推定された体積＝65.8 L から求めた反応石炭量は 59.2 kg となり、ガス分析結果から推定した反応石炭量 52.4 kg と比較して近い値となった。ただし、今回用いた相対エネルギーとボクセル体積の関係を示す(4)式は今回の実験結果を基に試行錯誤的に定めたものであり、汎用的に用いることのできる式とは言い難い。したがって、燃焼・ガス化領域の推定の精度を向上させるために、AE 相対エネルギーだけでなく、温度分布と生産ガス成分も考慮して震源体積を与えるなど更なる改善が必要である。



(a) ドロネー四面体分割



(b) ボクセル法

図-11 燃焼・ガス化領域の推定

表-2 AEによる反応石炭量の推定結果

(石炭の乾燥密度 = 0.9 g/cm³として算出)

Methods vs Coal Consumed	Gas Analysis	Delaunay Triangulation	Voxel
Cavity volume (L)	N/A	79.9	65.8
Coal consumed (kg)	52.4	71.9	59.2

Methods vs Coal Consumed	Cavity volume (L)	Coal consumed (kg)
Gas Analysis	N/A	52.4
Delaunay Triangulation	79.9	71.9
Voxel	65.8	59.2

5 おわりに

破壊音 (AE) 計測によるAE震源標定結果と炭層温度計測による燃焼・ガス化領域の推定結果は調和的であり、AE計測による燃焼・ガス化領域の推定および可視化が可能であることがわかった。また、逐次添加法によるドロネー四面体分割法とボクセル法による体積推定では、いずれの手法においても燃焼・ガス化体積の正確な推定に課題を残したが、燃焼・ガス化領域を推定する新たな方法として活用できる見通しを得た。

今後は、AE震源標定結果(3次元点群データ)から、より精度の高い燃焼・ガス化領域の可視化技術の確立を目指す。また、実規模のUCGを見据えた、リアルタイム監視・可視化システムの開発も計画している。

謝辞

本研究は、北海道三笠市、(株)砂子組、石炭地下ガス化研究会、室蘭工業大学環境科学・防災研究センター、並びに文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (B) (21360441)、基盤研究 (A) (15H02332) の支援を受けて実施した。関係各位に、謝意を表す。

文献

- (1) Burnard, K.: International Energy Agency: Power Generation from Coal: An Ongoing Challenge, *Clean Coal Day*, Tokyo, Japan, 8-9 September, 2014.
- (2) Sumita, T.: Ministry of Economy, Trade and Industry, *Japan's Energy Policy and the Direction of Coal Policy*, Clean Coal Day, Tokyo, Japan, 8-9 September, 2014.
- (3) 株式会社環境総合テクノス：二酸化炭素炭層固定化技術開発成果報告書, 2004.
- (4) 黒岩忠春：石炭の地下ガス化, 炭鉱双書 7, 技術書院, 1961.
- (5) Su, F., Nakanowatari, T., Itakura, K., Ohga, K. and Deguchi, G. : Evaluation of Structural Changes in the Coal Specimen Heating Process and UCG Model Experiments for Developing Efficient UCG Systems, *Energies*, 6, 2013, p. 2386-2406.
- (6) Yong, C., Jie, L., Zhanqing, W., Xiaochun, Z., Chenzi, F., Dongyu, L., and Xuan, W.: Forward and reverse combustion gasification of coal with production of high-quality syngas in a simulated pilot system for in situ gasification, *Applied Energy*, 131, 2014, p. 9-19.
- (7) Kaiho, M., Yasuda, H. and Yamada, O. : A method of estimating the reaction process of coal gasification from the composition of gas produced, *Proc. of 45th Conf. of the Coal Science*, 45, 2008, p. 60-61.
- (8) Su, F., Itakura, K., Deguchi, G., Ohga, K. and Kaiho, M.: Evaluation of Energy Recovery from Laboratory Experiments and Small-scale Field Tests of Underground Coal Gasification (UCG), *J. of MMIJ*, 131(5), 2015, p. 203-218.
- (9) 吉田令, 板倉賢一, 佐藤孝紀, 蘇発強, 高橋一弘, 北川将大, 松原慎治, 小川智史, 大賀光太郎, 児玉淳一, 阪本直樹, 出口剛太：AE 計測法を用いた石炭の地下ガス化 (UCG) 実験における燃焼空洞の評価, 資源・素材学会春季大会講演集, 12(1), 2015, p. 1-5.
- (10) 今井浩, 今井桂子：3 角形分割と凸多面体, 数理解析研究所講究録, 934, 1996, p. 149-166.

近接型相似微小地震対における 相対震源座標推定法の理論的検討

永野 宏治^{*1}, 田村 弘貴^{*2}

Theoretical Analysis on Relative Source Location of Proximate Overlapping Similar Seismic Events

Koji NAGANO and Hiroki TAMURA

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

We can use geothermal energy by obtaining steam and/or hot water that are in subsurface fracture. Therefore, we should understand geometrical, mechanical, and chemical properties of the subsurface fracture so that we can use the geothermal energy. We can estimate location and structure of subsurface fracture by measurement of microseismic events that are emitted at the subsurface fracture. We have studied overlapping similar microseismic events. If a second event, with a similar waveform to an earlier event, arrives before complete attenuation of that earlier event, the two events overlap each other. We call the overlapping similar microseismic events "Proximate Microseismic Doublets". In this paper, we examine a theoretical method on relative source location of the proximate microseismic doublets

Keywords : Microseismic event, Relative source location, Geothermal energy, Geothermal reservoir

1 はじめに

地熱エネルギーは、地下亀裂が作る地熱貯留層に蒸気・熱水として蓄えられている。したがって、地熱エネルギーを地下から工学的に抽出するには、地下亀裂の位置や構造、力学的・化学的性質を把握する必要がある。

地下亀裂の位置や構造を測定する手法には、音響学的手法、電磁気学的手法、化学的手法等がある。音響学的手法の一つに、微小地震法がある。微小地震法では、地下亀裂が動く時に発生する微小地震を

*1 室蘭工業大学 しくみ情報系領域

*2 室蘭工業大学 情報電子工学系学科

解析して、地下亀裂の位置や構造を評価する。

微小地震法の中で特殊な解析手法に、相似微小地震対の解析がある。相似微小地震対とは、波形の相似な微小地震の組である。組を構成するイベントが 2 つの場合ダブルット解析、3 つ以上の場合マルチプレット解析とも呼ばれる。相似微小地震は波形が相似のため、その微小地震は同じ震源メカニズムに発生し、しかも震源間の距離が極めて短い。そして、相似微小地震対の波形における微小な違いを解析して、震源の相対座標を高精度で推定できる。相似微小地震対の相対震源座標は、微小地震を個々に独立して震源標定するよりも高い。

近接型相似微小地震対とは、発生時間間隔が 1 イベントの継続時間と同等あるいは継続時間より短く、波形が相似な微小地震の対である⁽¹⁾⁽²⁾。通常の微小地震対の解析では、その発生間隔が数十秒から数日の相似微小地震対を解析対象にしている。地熱貯留層では、蒸気・熱水の移動があり、それに伴い地下亀裂が動く。地下亀裂の動きによって、地熱貯留層近傍における地下の速度構造は変化すると考えられる。微小地震の発生時刻が大きく異なると、その間に地下の速度構造が亀裂の動き等により変化する可能性がある。伝播媒質の変化は、震源標定の誤差の要因になる。近接型相似微小地震対は、入力時間差が短いため、その間に伝播媒質の変化は少ない。したがって、発生時間差の長い相似微小地震対に比べて、近接型相似微小地震対を解析することにより、相対震源をより正確に求められることが期待される。

本論文では、近接型相似微小地震対の相対震源座標の推定方法を述べる。近接型相似微小地震対の相対震源座標は、マスターイベント法を使って第 1 震源からの相対的差として推定する。マスターイベント法では、観測点における入力時間差を観測点間で比較して、相対震源座標と発生時間差を推定する。この解析では、震源における微小地震の発生順と観測点における入力順が同じことが前提になっている。しかし、近接型相似微小地震対は発生時間差が極めて短いため、観測点における入力順と震源における発生順が逆転する場合がある。本論文では、近接型相似微小地震対の相対震源座標の推定において、このような順が逆転する場合も考慮して推定する手法を述べる。本論文では、地熱フィールドで実際に観測した近接型相似微小地震対を使って、近接型相似微小地震対の相対震源座標の推定法を検討する。

2 近接型相似微小地震対の入力順

地熱フィールドで観測した近接型相似微小地震対の波形を図 1 に示す。近接型相似微小地震対では、最初に入力した微小地震が十分に減衰する前に、次の微小地震が入力する。したがって、2 つの微小地震の波形が重畳している。

近接型相似微小地震対は、2 つの微小地震の発生時間差が極めて短いため、震源における発生順と観測点への入力順に逆転が発生する場合がある。発生順と入力順の関係は発生時間差と伝播距離により決まる。発生時間差と各観測点の入力時刻の関係を図 2 に示す。震源において最初に発生した微小地震の震源をマスタ震源、次に発生した微小地震の震源をスレーブ震源と呼ぶことにする。マスタ震源から観測点 j までの距離 R_{mj} 、スレーブ震源から観測点 j までの距離 R_{sj} 、地下は等方均質とし、地下の P 波伝播速度を V_p とする。観測点 j において、マスタ震源で発生した信号の入力時刻 τ_{mj} とスレーブ震源で発生した信号の入力時刻 τ_{sj} は、それぞれ

$$\tau_{mj} = \frac{R_{mj}}{V_p} + \tau_{m0} \quad (1)$$

$$\tau_{sj} = \frac{R_{sj}}{V_p} + \tau_{s0} \quad (2)$$

になる。

観測点 j において、スレーブ震源で発生した微小地震が、マスタ震源で発生した微小地震より早く入力することは、

$$\tau_{mj} > \tau_{sj} \quad (3)$$

である。式(1)と式(2)を式(3)に代入し整理すると、

$$V_P(\tau_{s0} - \tau_{m0}) < R_{mj} - R_{sj} \quad (4)$$

になる。つまり、式(4)の場合、観測点への入力順は震源における発生順の逆になる。

例えば、 $R_{mi} = 2800\text{m}$ 、 $R_{si} = 2780\text{m}$ 、 $V_P = 5850 \text{ m/s}$ の時の震源における発生時間差と、観測点における 2 つの微小地震の入力時刻の関係を図 3 に示す。同図では、横軸が表す震源における発生時間差が約 0.003s より短い時、スレーブ震源で発生した微小地震がマスター震源で発生した微小地震より早く観測点に入力している。図 4 に、 $V_P = 5850 \text{ m/s}$ の時、震源における発生順と観測点における入力順の関係を、2 つの微小地震の伝播距離の差と発生時間差を使って示す。同図の下半分の領域において、震源における発生順と観測点における入力順が逆転する。

3 P 波入力時間差の検出

近接型相似微小地震対の相対震源座標は、近接型相似微小地震対の 2 つの P 波の入力時間差を観測点間で比較すると決定できる。なお、震源座標の推定には、2 つの S 波の入力時間差も使える。しかし、本論文では、説明を簡略化するためと、S 波の伝播速度が P 波の伝播速度に比べて精度低い点を考慮して、震源座標には P 波の入力時間差のみを使うことにする。

相似な 2 つの波形が重なった信号のケプストラムは、その入力時間差にピークを示す⁽³⁾⁽⁴⁾。近接型相似微小地震対には、相似な波形が P 波と P 波、S 波と S 波の 2 組がある⁽²⁾。したがって、近接型相似微小地震対のケプストラムは、それら 2 つの入力時間差にピークを示す。しかし、近接型相似微小地震対のケプストラムの単純な解析では、2 つのピークそれぞれが P 波の入力時間差あるいは S 波の入力時間差のいずれかを示しているかを判定できない。

近接型相似微小地震対の P 波入力時間差は、時間-ケフレンシ解析を使って検出する⁽²⁾。時間-ケフレンシ解析の概念を図 5 に示す。時間-ケフレンシ解析では、第 2 の S 波を削除した近接型相似微小地震対のケプストラムを解析する。第 2 の S 波を削除した場合その削除した波形には第 1 の S 波の相似波形がないため、S 波の入力時間差に対応するピークがケプストラムには現れず、P 波の入力時間差に対応するピークだけがケプストラムに現れる。

近接型相似微小地震対の時間-ケフレンシ解析では、窓関数を使って第 1 のイベントの波形と第 2 の P 波の波形を取り出す。その窓関数の長さを徐々に長くして、第 2 の S 波もケプストラム解析できるように解析区間を徐々に長くする。そして、その窓関数のそれぞれの長さでケプストラムを計算し、図 5 のように、横軸が窓関数の長さ、縦軸がケフレンシ、等高線の高さがケプストラムの等高線図で、時間-ケフレンシ解析の結果を表現する。この等高線表示されたケプストラムにおいて、窓関数の長さを短くしていく時(同図の右側から左側へ)に、長く続くピークが P 波入力時間差を表している。第 2 の S 波が入力している区間には第 2 の P 波も入力しているため、第 2 の S 波が入力した区間の波形を削除すると第 2 の P 波の後半部分も削除してしまう。そのため、P 波入力時間差を表すケプストラムも変化する。時間-ケフレンシ解析では、P 波入力時間差に対応するケプストラムと S 波入力時間差に対応するケプストラムを適切に判別するために、図 5 のように等高線のピークのつながりを解析する。ただし、近接型相似微小地震対に対して、この解析で得られる P 波の入力時間差が、震源における発生時間差とは一致しない場合がある。時間-ケフレンシ解析では、あくまでも、最初に観測した P 波と次に観測した P 波の入力時間差を検出する。

4 相対震源の標定法

P 波の入力時間差を観測点間で比較して、震源間の相対座標を推定する。相対震源座標の推定は、赤尾の手法を使う⁽⁶⁾。ただし、近接型相似微小地震対の相対震源座標推定では、観測点への入力順が震源における発生順と一致しない場合がある。

図 2 に示すように、マスター震源とスレーブ震源の座標をそれぞれ $x_m = (x_m, y_m, z_m)$ 、 $x = (x, y, z)$ 、マスター震源からスレーブ震源の相対座標を $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ とする。つまり、 $(x, y, z) = (x_m + \Delta x, y_m +$

$\Delta y, z_m + \Delta z$)である。観測点 i の座標を (X_i, Y_i, Z_i) とする。また、震源における微小地震の発生時間差を $\tau_{ms} = \tau_{s0} - \tau_{m0}$ とする。観測点 i におけるマスタ震源からの信号とスレーブ震源からの信号の入力時刻をそれぞれ、 τ_{mi} 、 τ_{si} とし、P波入力時間差を

$$\Delta T_i = \tau_{si} - \tau_{mi} \quad (5)$$

とおく。第2節で述べたように $R_{mi} < R_{si} + V_P \tau_{ms}$ の時 $\Delta T_i > 0$ であり、震源における発生順と観測点 i における入力順は一致する。一方、 $R_{mi} > R_{si} + V_P \tau_{ms}$ の時 $\Delta T_i < 0$ になり、震源における発生順と観測点 i における入力順は逆転する。観測点 i におけるP波の入力時間差 ΔT_i は、

$$\begin{aligned} \Delta T_i &= \tau_{si} - \tau_{mi} \\ &= (\tau_{si} - \tau_{s0}) - (\tau_{mi} - \tau_{m0}) + (\tau_{s0} - \tau_{m0}) \\ &= \frac{R_{si}}{V_P} - \frac{R_{mi}}{V_P} + \tau_{ms} \end{aligned} \quad (6)$$

のように表せる。

地下の伝播媒質は等方均質とする。マスタ震源 x_m およびスレーブ震源 x から座標 (X_i, Y_i, Z_i) にある観測点 i までの距離 R_{mi} 、 R_{si} は、

$$R_{mi} = \sqrt{(x_m - X_i)^2 + (y_m - Y_i)^2 + (z_m - Z_i)^2} \quad (7)$$

$$R_{si} = \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2} \quad (8)$$

である。スレーブ震源の座標 x と、マスタ震源とスレーブ震源の発生時間差 τ_{ms} を未知変数として、式(6)の右边を

$$f_i(x, y, z, \tau_{ms}) = \frac{R_{si}}{V_P} - \frac{R_{mi}}{V_P} + \tau_{ms} \quad (9)$$

とおく。マスタ震源の座標 $x_m = (x_m, y_m, z_m)$ は既知とする。スレーブ震源の座標 $x = (x, y, z)$ は、マスタ震源 $x_m = (x_m, y_m, z_m)$ からの相対値 $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ で表されるため、式(9)は $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ と発生時間差 τ_{ms} を未知変数として、

$$f_i(x, y, z, \tau_{ms}) = f_i(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms}) \quad (10)$$

になる。

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ と τ_{ms} が十分に小さい時、 $x = x_m, \tau_{ms} = 0$ において、 $f_i(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms})$ は、

$$f_i = f_i|_0 + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta x} \right|_0 \Delta x + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta y} \right|_0 \Delta y + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta z} \right|_0 \Delta z + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \tau_{ms}} \right|_0 \tau_{ms} + \dots \quad (11)$$

に近似できる。なお、 $|_0$ は $x = x_m, \tau_{ms} = 0$ の場合を表し、 $f_i = f_i(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms})$ と簡略に表示している。式(6)より、 $f_i|_0 = 0$ である。また、式(11)において2次以上の高次項を無視すると

$$f_i = \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta x} \right|_0 \Delta x + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta y} \right|_0 \Delta y + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta z} \right|_0 \Delta z + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \tau_{ms}} \right|_0 \tau_{ms} \quad (12)$$

になる。

観測点 i における式(6)の左辺が表す観測したP波の入力時間差 ΔT_i と、同式の右辺が表す未知変数 $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms}$ における理論的な入力時間差の差 ε_i を、

$$\varepsilon_i = \Delta T_i - \left(\left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta x} \right|_0 \Delta x + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta y} \right|_0 \Delta y + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta z} \right|_0 \Delta z + \left. \frac{\partial f_i}{\partial \tau_{ms}} \right|_0 \tau_{ms} \right) \quad (13)$$

と表す。偏分量 $\left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta x} \right|_0, \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta y} \right|_0, \left. \frac{\partial f_i}{\partial \Delta z} \right|_0$ はマスター震源・観測点の位置関係とP波速度により数値計算して求められる。4点以上の観測点でそれぞれ式(13)を計算し、最小二乗法にしたがって $\sum \varepsilon_i^2$ を最小にするように、未知変数 $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms}$ を推定する。

第3節で述べた時間-ケフレンシ解析で検出できる量は、式(6)の左辺が表す観測したP波の入力時間差 ΔT_i ではなく、その絶対値 $|\Delta T_i|$ である。図4で示したように震源と観測点の位置関係および震

源における発生時間差によって ΔT_i には正の場合と負の場合があるため、波形だけから ΔT_i の正負を決められない。そのため、時間-ケフレンシ解析で得た P 波の入力時間差の絶対値 $|\Delta T_i|$ を各観測点で正の場合と負の場合について、それぞれ式(13)を計算し、 $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms}$ を求める。例えば、図 6 のように 4 つの観測点がある場合 16 通りについて、それぞれの観測点における P 波の入力時間差の絶対値 $|\Delta T_i|$ を正の場合と負の場合を検討する。そして、式(13)の $\sum \varepsilon_i^2$ を最小にする $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau_{ms}$ を求める。定義によれば、発生点における第 1 イベントと第 2 イベントの発生時間差 τ_{ms} は負にならない。したがって、式(13)の計算により $\tau_{ms} < 0$ になる場合、その解を除外する。そして、最も τ_{ms} が短い場合を、本論文では、最適な解にする。

5 結論

本論文では、近接型相似微小地震対の相対震源座標の推定方法について述べた。本論文では、近接型相似微小地震対は 2 つの相似な微小地震が 1s 以下の極めて短い間隔で入力するため、観測点の入力順と震源の発生順が一致しない場合があることを新しく指摘した。そして、観測点の入力順と震源の発生順が一致しない場合をも含めた近接型相似微小地震対の相対震源座標の推定方法を述べた。

今後は、この解析方法を実際の地熱フィールドで観測した近接型相似微小地震対に適用し、その相対震源座標を標定する。そして、標定した相対震源座標の妥当性を、他の微小地震の震源の標定結果や地殻応力に基づいて検証する。

謝辞

産業技術総合研究所の横田俊之博士には、近接型相似微小地震対の相対震源座標推定法について、貴重な助言をいただきました。

文献

- (1) 永野宏治, 江原大輔, ケプストラム解析による近接型 AE ダブレットの入力時間差推定法, 日本地熱学会誌, vol. 30, no. 1, 2008, p. 37-47.
- (2) K. Nagano, Time-quefreny Analysis of Overlapping Similar Microseismic Events, Exploration Geophysics, vol. 47, no. 2, 2016, p. 133-144.
- (3) D.P. Skinner, D.G. Childers, and R.C. Kemerait, The Ceptrum: A Guide to Processing, Proceedings of IEEE, vol. 65, 1977, p. 1428-1443.
- (4) 城戸健一, デジタル信号処理入門, 丸善, 1985.
- (5) 赤尾嘉彦, 渡部丹, 1986 年パームスプリングス地震の強震記録を用いた多重震源位置のインバージョン解析, 地震, vol. 41, no. 2, 1988, p. 247-257.

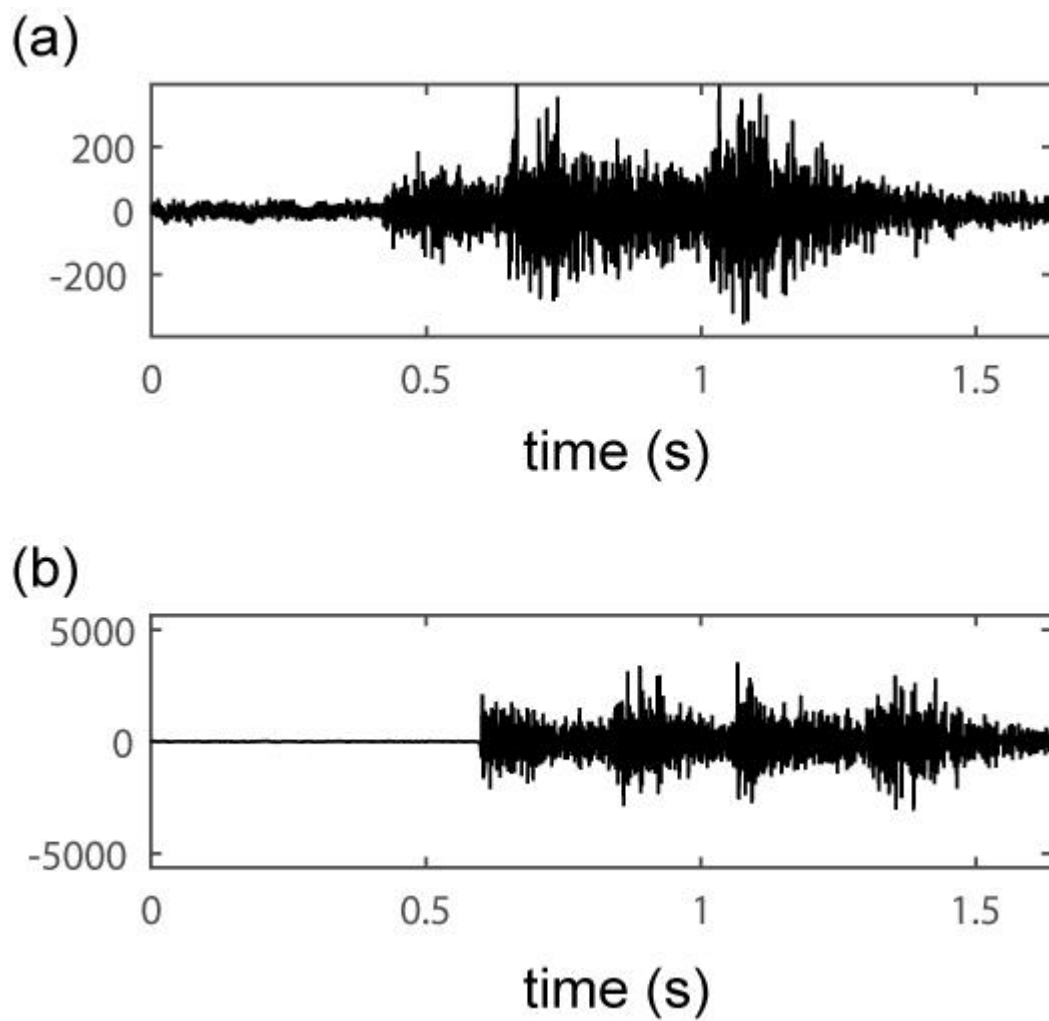


図 1 近接型相似微小地震対の波形

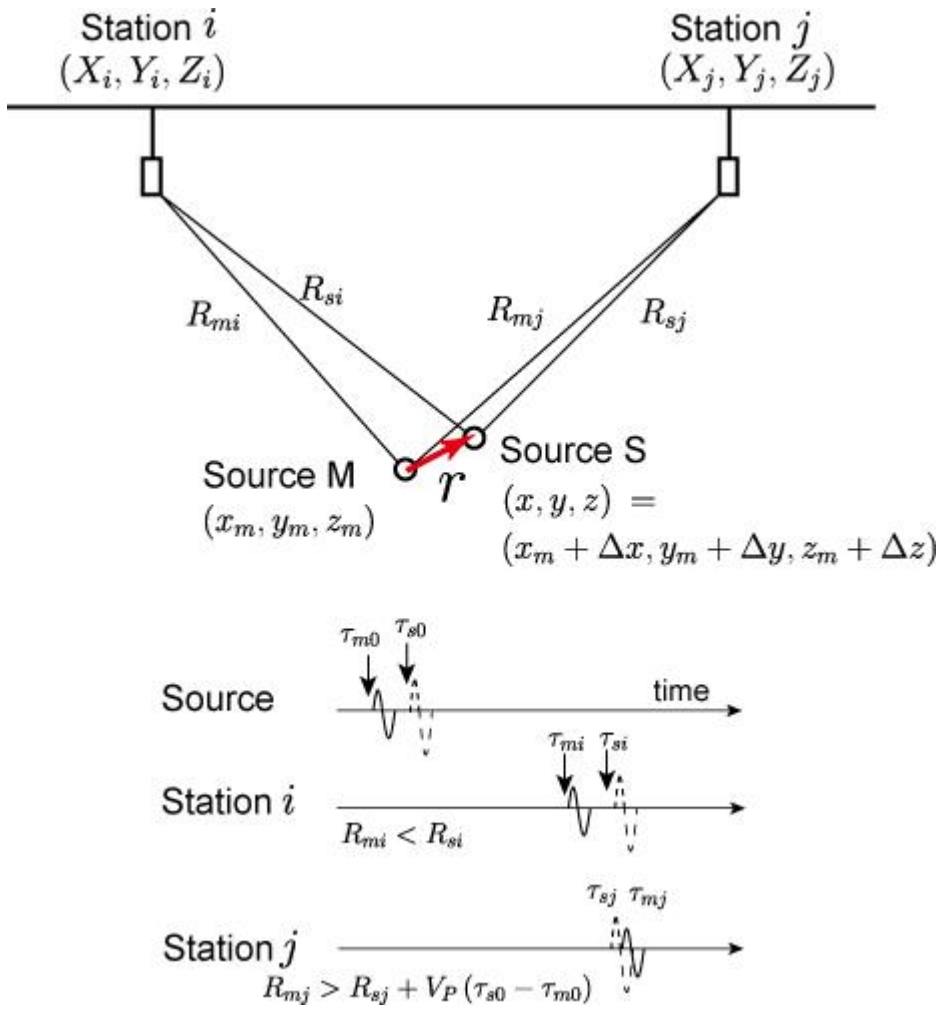


図 2 近接型相似微小地震対の発生順と入力順が逆転する概念

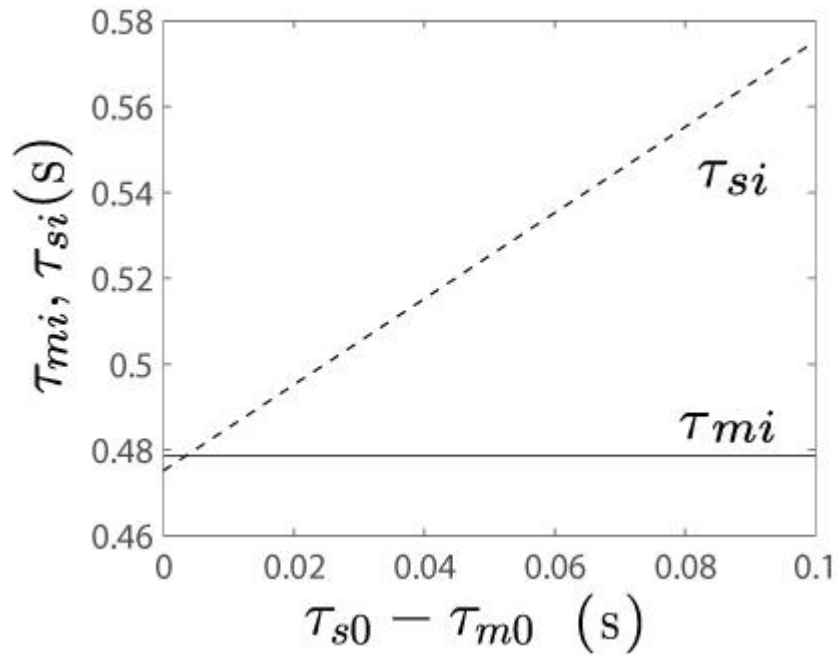


図 3 近接型相似微小地震対において、発生順と入力順が逆転する場合の計算例

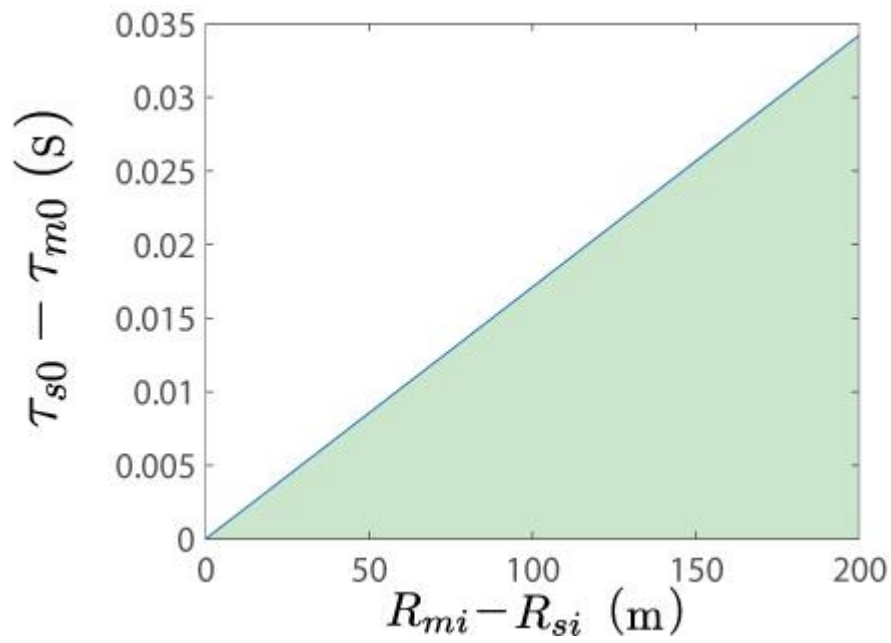


図 4 近接型相似微小地震対において、発生順と入力順の関係

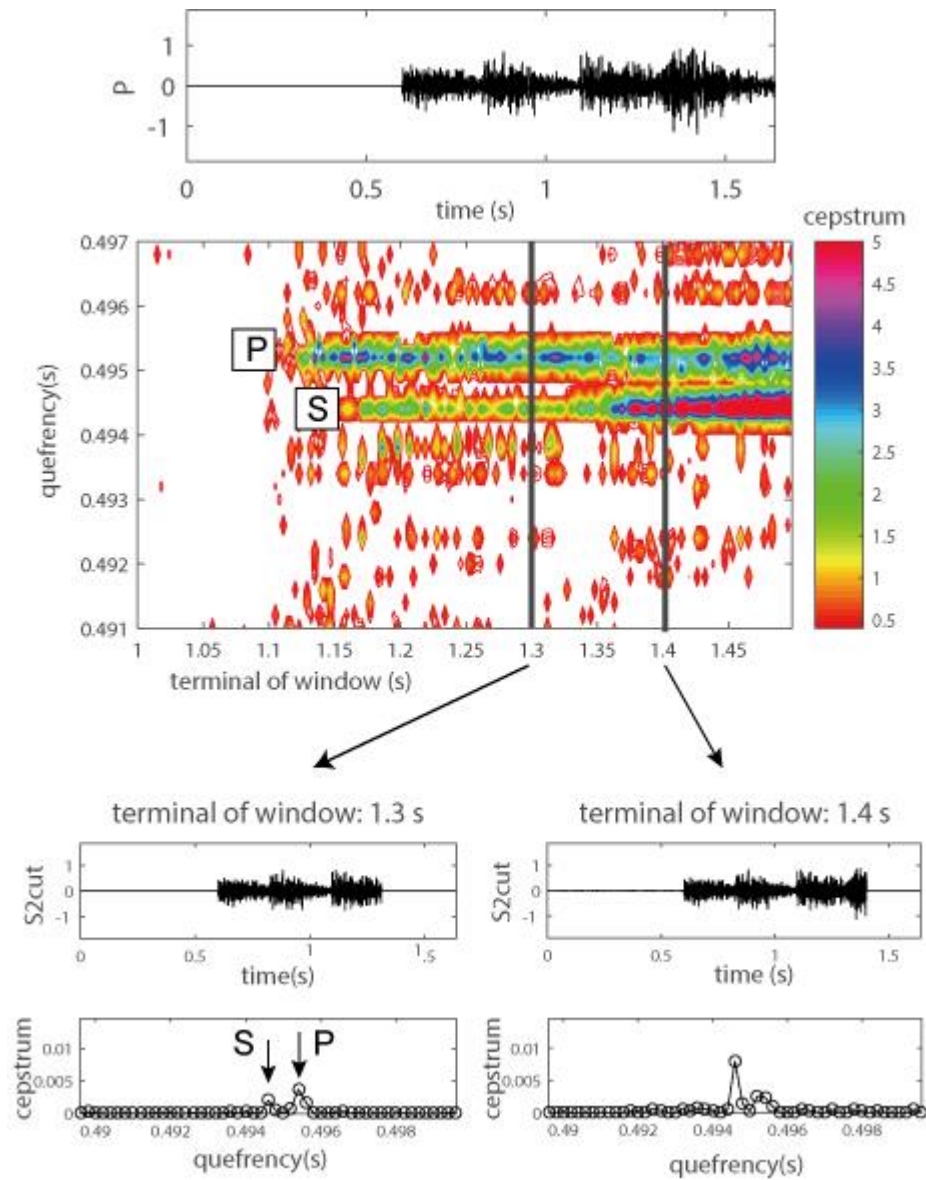


図 5 時間－ケフレンシ解析の例

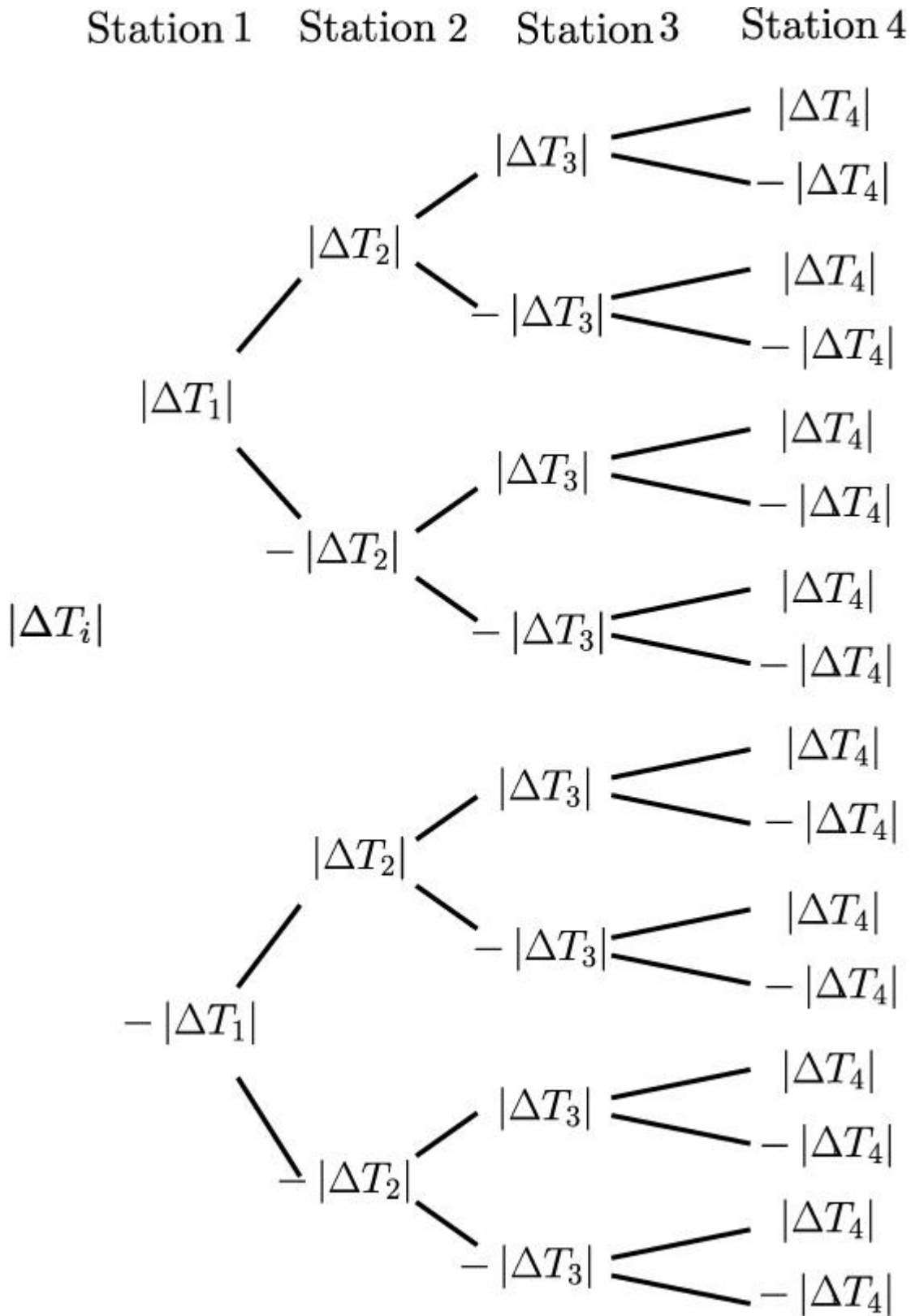


図 6 近接型相似微小地震対の相対震源座標を推定する場合分けの例

より適切な災害支援に向けて —2000 年有珠山噴火 10 年後の外来患者データから—

前田 潤*¹

Searching for more appropriate disaster relief action -Based on outpatient's data after 10 years from 2000 Mt. Usu eruption-

Jun MAEDA*¹

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

In this article, it is revealed how many beneficiaries remember and feel the support action immediate phase of disaster of Mt.Usu Eruption and what kind of support they expect after next disaster based on the large size data of outpatient survey as beneficiaries after long time later in the sake of searching for more appropriate disaster relief action.

Keywords : Disaster ,Support Activity, Evaluation by Beneficiaries,Eruption,Mt.Usu

1 はじめに

自然災害は、危機的ストレス、避難ストレス、仮設住宅ストレスや、生活再建ストレスなど多様なストレスを人々にもたらす。

著者は、2000 年有珠山噴火から、我が国の災害救護専門機関である日本赤十字社（以下日赤）の災害救護活動に関わって、実際的かつ効果的な「こころのケア」を提供するための組織体制の構築について研究を重ねてきた⁽¹⁾。

2 本研究の目的

災害支援の評価は、本来、その受益者から得るべきものであろうが、現実的には、災害直後の混乱した状況の中で災害に見舞われた人々に、系統的な調査を行うことは難しい。この中で、災害から 10 年後に被災者に現疾患と災害との関連について神戸赤十字病院心療内科が行った研究がある。これによると 10 年を経て患者の 4 割が現疾患と災害との関連があると答え、被害の大きい患者の 7 割が関連ありと答えたのである⁽²⁾。

それでは、有珠山噴火と現疾患との関連について人々はどのように捉え、災害後に行われた災害支援

*1 室蘭工業大学 ひと文化系領域／環境科学・防災研究センター

について人々はどのように受け止めているのだろう。

災害からかなり時間が経過した時点で得たデータから災害と現疾患との関連についての受け止め方と影響要因の分析を行い、さらに時間が長期に経過した後で振り返ってみて受益者は如何に災害支援を評価しているかを確かめ、今後の災害支援に一つの指針を得ようというのが本研究の目的である。

3 有珠山噴火被害の特徴

2000 年有珠山は、火山性微動の観測から必ず近く噴火するという岡田弘教授（当時北海道大学理学研究科付属地震火山観測研究センター）の予測から、虻田町（現洞爺湖町）の周辺自治体は住民の事前避難を決意、最大 1 万 6 千名が避難し、3 月 31 日の噴火による死傷者はいなかった。住民の多くは公民館や学校体育館などで最短 2 週間、最長 5 ヶ月ほどの避難生活を余儀なくされ、更に 1 年ほどの仮設住宅生活を送る住民があった。それゆえ住民の多くは危機的ストレスというより避難ストレスに見舞われたと考えられる。

4 調査方法

4.1 調査データ収集の手続き

調査は、伊達赤十字病院倫理委員会に付議され、審議の後に許可を得て実施された。調査期間は、2010 年 3 月 23 日から 4 月 2 日であり、看護学生を雇用して、臨床心理士のから指導を受けた後に、外来で診療待ちをしていたり、会計前にいたりする人々に対し聞き取りによるアンケート調査が実施された。聞き取りのアンケート用紙は巻末に掲載した。

4.2 調査参加者

この研究では、結果的に 1222 名の調査データが得られた。この内、2000 年有珠山噴火を体験したのは、916 名で、データの欠損のない有効回答数は 740 名であった。患者の家族や付き添いを除いた外来患者数は、663 名となった。

5 調査結果

5.1 災害と現疾患との関係

663 名のうち、現疾患が間接的にでも直接的にでも 2000 年有珠山噴火災害と関係があると回答した外来患者は 21 名で、全体の 3.3%であった。外来患者で避難生活を体験したのは 172 名で、この中で現疾患と災害と関係があると答えたのは 15 名で 8.7%、親戚が避難をしたなど、間接的にでも被害があったと回答したのは 123 名で、そのうち 14 名が現疾患と関係があると答えた。これは 11.4%に相当し、被害も避難生活も経験したというのは 70 名で、うち 12 名が現疾患との災害と関連を認めこれは 17.1%に相当する（表 1）。

χ^2 二乗検定で検定を行うと、避難所体験のある人となない人($\chi^2(1)=21.5$ $p<0.01$)、被害のあった人となかった人($\chi^2(1)=31.0$ $p<0.01$)、避難所経験も被害経験もあった人とその両方がなかった人($\chi^2(1)=49.1$ $p<0.01$)で、何れも 1%以下で有意な差が認められた。このことは、被害だけでなく避難所体験が、長期にわたって現疾患と災害との関連を意識させる要因となっていることを示唆する。

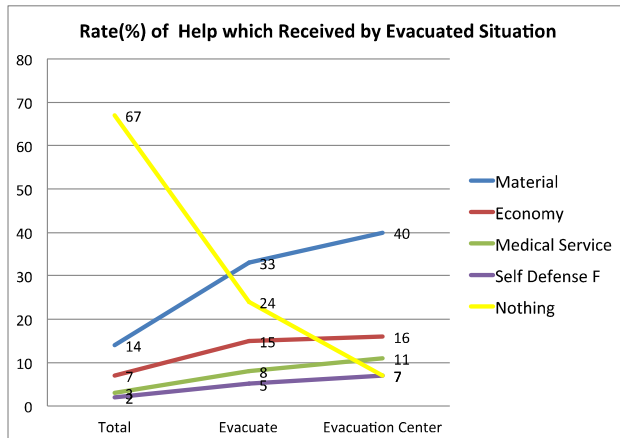
	Respondent	Casation of Illness	Rate(%)
Total	633	21	3.3
Evacuation	172	15	8.7
Damaged	123	14	11.4
Evacuation/Damaged	70	12	17.1

（表 1）

5.2 災害後に受けた支援

噴火災害当時、人々が受けた支援について、項目を挙げて重複選択可として回答してもらった。

物資の支援、経済的支援、医療支援、自衛隊の支援が多く選択されているが、全体（739 名）では、「何も受けていない」との回答が、67%で最も高かった。全体では、次いで物資の支援、経済的支援となっている。これに対して避難経験のある 202 名では、物資の支援が 33%で最も高く、次いで何も受けていないが 24%、経済的支援 15%である。避難所に避難した 99 名では 40%が物資の支援、経済的支援 16%、医療的支援 11%、自衛隊の支援が 7%で、何も支援を受けていないのは 7%と低くなっている（図 1）（表 2）。グラフには示していないが「お話」や「保健師支援」は避難所に避難をした人の 1 割近くが受けおり、ペットケア、レクリエーション、警察の支援も一定程度選択されていることがわかる。



（図 1）

%	Total	Evacuate	Evacuation Cneter
Material	14	33	40
Economy	7	24	16
Medical Service	3	8	11
Self Defense F	2	5	7
Talk	1	5	10
PHN	1	5	9
Massage	1	5	1
Pet Care	1	4	5
Recreation	4	2	3
Police	4	2	3
Others	1	5	2
Nothing	67	24	7
Number	739	202	99

（表 2）

5.3 助かった支援

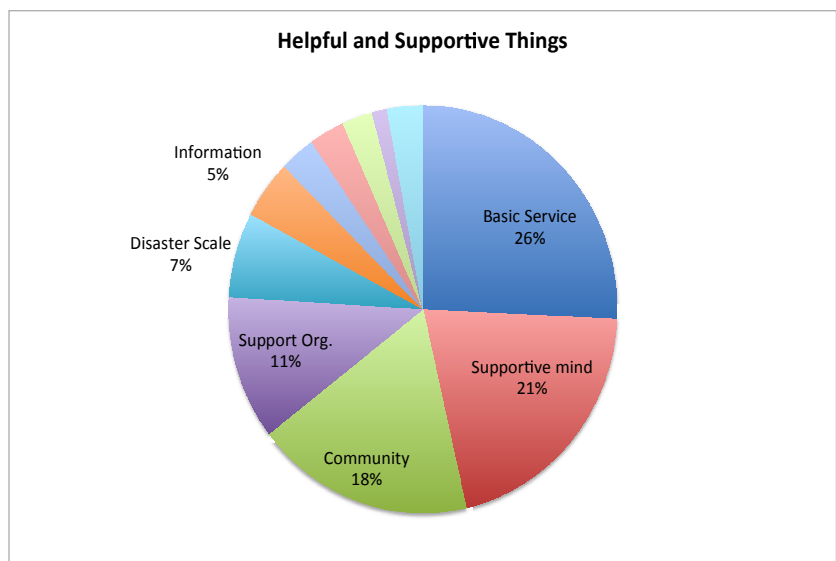
次に、受けた支援の中で助かった支援はどのようなものであったかを尋ねている。これへの回答は自由回答だった。自由回答なので重複回答もあるが、回答数は 237 であった。これらの回答を内容から幾つかのカテゴリーに分類した（表 3）（図 2）。

暖かい食事、支援物資、経済的支援、お風呂」等を「基本的サービス」、知人の励まし、友人の助け、知り合いの親切、息子の協力などを「人々とのつながり」、支援、みなさんの好意、励ましを「温かい心」、役所、保健師、自衛隊を「支援機関」、さらに、「災害の規模」、「情報」、「ボランティア」、「災害後の生活」、「避難生活」とまとめた。基本サービスが 26%、温かい心が 21%、人のつながりが 18%、支援機関が 11%などとなっている。

Helping and Supportive Things

Basic Service	61
Supportive mind	49
Community	43
Support Organization	27
Disaster Scale	16
Information	11
Volunteer	7
Dairy life after Disaster	7
Evacuation	6
Humanity	3
Others	7
Total	237

（表 3）



（図 2）

5.4 今後あると良いと思う支援

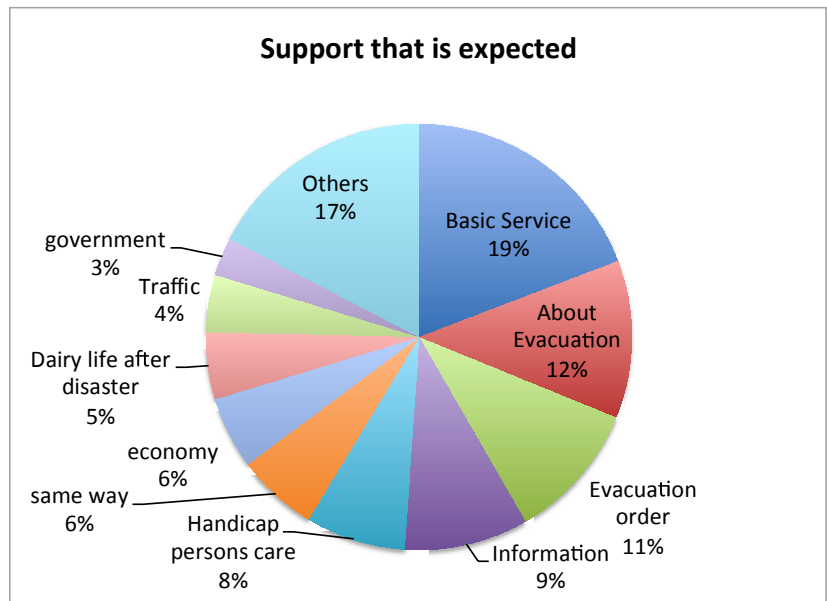
また、これも自由回答で、今後あると良いと思う支援について回答を求めた。重複回答は可で、回答数は、276であった。

「衣食住」の支援が最も多く 19%、「避難所関連」12%、「避難命令・指示」に関してが 11%、「情報」9%、「災害要支援者への配慮」8%、「これまでと同じで良い」6%、「経済支援」6%、「災害後の生活」6%と続く。

ただ数は少なかったが、支援をしてもらうというよりも「してもらうのが当たり前じゃなく（自分でも）もっとできる」「逆に支援をしに行った」と能動的回答もあった（表 4）（図 3）。

Support that is expected	
Basic Service	53
About Evacuation	33
Evacuation order	29
Information	26
Handicap persons care	21
same way	17
economy	15
Dairy life after disaster	14
Traffic	12
government	8
Others	48
Total	276

（表 4）



（図 3）

6 考察

ここでは考察点として、調査方法の検討、現疾患と災害体験との関係、有効な災害支援について、を挙げたい。

6.1 研究方法について

本研究の目的は、災害支援の受益者による、災害支援の評価によって、より適切な支援を考えようというものである。しかし、受益者を直接特定することは困難なことであり、また、災害被害の影響を知る意味でも、調査対象を病院に通院する患者とした。ただ、聞き取りの際に予めわかるわけではないので、調査対象者に付き添い者や家族も含まれた。結果的に、調査対象者 740 名全体の 67%は、何の支援も受けていないと回答し、受益者は調査対象者の 33%ということになったが、これは調査方法として致し方ないことである。

また、受診待ち、薬待ち、会計待ちの方々を対象に学生が聞き取って調査を行ったが、特に問題も報告されることはなかった。聞き取りなので調査漏れが少ないことが期待されたが、有効回答数が回答者の 80%ということで、予想よりも記載漏れがあったことになり、聞き取り方の指導が更に必要だったと思われる。

何れにしても、10 日間ほどで 1000 名以上の患者の聞き取りが可能となったので、本研究で行ったような調査方法は有効であり、今後、更にこの方法で調査を進めて行きたいと考えている。

6.2 現疾患と災害体験

現疾患との関わりについて、全患者に対して 3.3%が、10 年前の 2000 年有珠山噴火体験と関連があると答えている。これは、阪神淡路大震災の 10 年後調査で 30%が関連ありと答えたことに比べると非常に低い割合でと言える。ただ、避難生活を体験したり、被害があったり、被害があつて避難生活を体験するなど、災害による影響を受けた程度が大きくなるにつれて、その割合は高くなり、2 割近くにまでなっている。つまり、予知によって事前の避難が行われ、そのためにトラウマ体験は少ないと言われた 2000 年の有珠山噴火も、間接的にでも被害があり、避難生活を体験することは、長期に災害と関連を感じる疾患を抱える割合が有意に高くなる。そして、それは、精神的疾患ではなく、一般的疾患を含めて関連を感じるのである。

どうしても、災害を PTSD などの精神的疾患や心理的問題との関連で捉えがちだが、身体疾患と災害との関連を覚えている人も多いという一つの事実が見いだされたと言えるだろう。

6.3 有効な災害支援

まず、災害支援を受けたのは、噴火災害を経験した調査対象者の 3 割強であった。それが、避難経験があったり、避難所での避難経験者の 9 割が災害支援を受けた経験がある。つまり、災害支援は、避難所に集中する傾向にあることを示す。

助かった支援として、物資の支援を 26%が挙げたが、温かい心や人とのつながりという無形なものを 4 割が挙げている。これは、PFA(Psychological First Aid)という見守りや傾聴、必要な支援につなぐという支援の心得の有効性を示すとともに、IASC ガイドライン⁽³⁾が、まずは、物資などの基本サービスを第一に考え、次に人々がつながることを支援するという支援の方向性に関する妥当性を示すように思われる。

期待する支援としては、やはり物資が第一に挙げられているが、避難所の数や質についての要望と共に、避難指示・指示が挙げられていた。これは、事前予測が可能であった 2000 年有珠山噴火災害の特徴ではないかと思われる。注目したいのは、支援を受けるのではなく、むしろ支援をしたし、お互い出来ることがあるという能動的姿勢である。被災者は病者ではない、また被災者のレジリエンスを活かすということが昨今言われるようになってきている。数は少ないが、この受動から能動への意識の変化の萌芽を活かしていくことは今後の重要な課題なのではないかと考える。

7 まとめ

災害に人々はなす術もなく、その猛威にさらされ被害を受ける。なんとか生き残った人々は、そこから自らを立て直していくのである。災害支援は、その後の長い人々の人生にわずかに寄与するに過ぎないが、それでもなお、我々にはより良い支援を考える余地が残されている。更なる研究とより適切な実地的支援の進展が期待される。

参考文献

- (1) 前田潤編著、有珠山噴火に伴う赤十字「こころのケアセンター」活動報告書、室蘭工業大学、2001.
- (2) 村上典子、小笹裕美子、村松知、災害における心身医学—阪神淡路大震災、新潟中越地震の現場の経験から—、心身医学、46(7)、p. 655-660、2006.
- (3) Inter-Agency Standing Committee 2007, IASC Guidelines on Mental health and Psychosocial Support in Emergency Settings, 2007.

巻末資料：アンケート調査項目

2000 年有珠山噴火の中長期的影響についての実態調査

伊達赤十字病院／伊達赤十字看護専門学校
室蘭工業大学 環境科学・防災研究センター

2000 年の有珠山噴火からほぼ 10 年が経ちました。

このアンケート調査は、今後の適切な支援活動を考える上で、噴火や避難生活の長期的影響を知ることが目的に、2010 年現在、有珠山周辺にお住まいの方で病院に受診または入院をしている方を対象に実施しています。アンケートは個人が特定出来ない構成になっており、結果の発表の際には個人が特定されるような情報は省きます。

ご協力をよろしくお願いいたします。

1. 年齢 ～10 代 20 代 30 代 40 代 50 代 60 代 70 代 80 代～
2. 性別 男 ・ 女
3. 現住所 伊達市（長和、関内、有珠、その他）、虻田町、豊浦町、洞爺湖町
壮瞥町 その他（ ）
4. 2000 年の有珠山噴火を経験しましたか？
はい いいえ
 └─ ありがとうございました
【以下「はい」と回答された方】
5. これまで何回噴火を経験しましたか？（ 回）
6. 家族数 人（構成 ）
7. 現在掛かっている診療科はどれですか？（複数回答可）
①内科 ②外科 ③整形外科 ④小児科 ⑤産婦人科 ⑥泌尿器科 ⑦消化器内科
⑧循環器科 ⑨皮膚科 ⑩呼吸器内科 ⑪耳鼻科 ⑫眼科 ⑬神経内科 ⑭精神神経科
8. 2000 年の有珠山噴火から 10 年ほど経過しました。その当時のことをお尋ねします。
① 被害はありましたか？ あり なし
 i) 家 全壊 半壊 その他（ ）
 ii) 自分や家族が怪我をした)
 iii) 経済的損失（)
 iv) 親戚・知人の被害（)
 v) その他被害（)
② 一番大変だったこと、辛かったことは何ですか？
③ 避難生活はしましたか？
 はい いいえ

i) 避難先は？

避難所 親戚宅 その他 ()

ii) どのくらいの期間避難していましたか？

1 週間以内 1 ヶ月以内 一ヶ月以上 その他 ()

④ 噴火によって生活や考え方に変化はありましたか？（複数回答可）

仮設住宅に住んだ（期間 月 日）

引っ越しをした（回数 回）

仕事を辞めた

転職をした

同居家族が変わった

転校した

人生観が変わった その他 ()

⑤ 何か支援を受けましたか？

食料や水などの物資の支援

経済的支援

保健師さん等の保健所の支援

レクリエーション等の支援

ペットへの支援

その他 ()

医療的支援

はまなす隊等の警察の支援

自衛隊の支援

肩もみや腰もみ

お話を聞いてもらった

⑥ その当時、助かったこと、ありがたかったことはどのようなことですか？

⑦ どのような支援があったら良いと思いますか？

9. 現在の病気は 2000 年の噴火と関係があると思いますか？

① 大きくまたは直接的に関係がある

② 少しまたは間接的に関係がある

③ 全く関係ない

10. その他何でも

ご協力ありがとうございました。

2014 年支笏湖周辺の斜面崩壊に関する地盤工学的検討

木幡 行宏^{*1}Geotechnical Consideration on Slope Failure in the area of the
Lake Shikotsu in 2014

Yukihiro KOHATA

(原稿受付日 平成 29 年 1 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

Natural disasters caused by concentrated heavy rains and typhoons have occurred in various places, and has made a great impact on social activities and people's lives in recent years in Japan. Then the effect on transportation caused by disaster on slope failure is very high. The objective of this study is to investigate factors except for soil rainwater index to be caused slope failure. In this study, geomorphic and geological investigation for factor of slope failure occurred in the area of Lake Shikotsu in 2014 is discussed. The three locations, of which two locations sited on Route 453 and one location sited on Goryo Line of prefectural road, slope failure discussing in this study caused by heavy rain in September 2014 were surveyed. And a series of physical testing of soils were performed on various soil samples retrieved at each locations of slope failure. Based on the survey and test results, these slope failure locations are classified by geomorphic and geological pattern, and the factor caused to slope failure was discussed in terms of geotechnical engineering.

Keywords : Slope failure, Field survey, Physical testing of soil, Coefficient of permeability

1 はじめに

日本では大型台風や集中豪雨による自然災害が過去多く発生してきており、人々の暮らしや社会活動に大きな影響を及ぼしている。特に道路交通網において、日本は海岸段丘や山岳部のように急峻な地形からなる地域が多いことにより、土砂災害による通行車両への影響は極めて大きい。このため、降雨による土砂災害へのソフト的対策は重要かつ高精度なものである必要がある。一般に斜面崩壊とは集中豪雨などによって斜面が不安定になり、斜面表層の土砂や岩石が滑り落ちる現象のことで、斜面崩壊の発生は降雨と密接に関係していることから、短期指標とされる時間雨量と長期指標とされる連続雨量を用

^{*1} 室蘭工業大学 暮らし環境系領域

いて、斜面崩壊発生の時系的データから交通規制が行われている。近年、気象庁では長期指標を連続雨量から土壌雨量指数に変更して、各自治体から発令される土砂災害警戒情報に利用されている。このような背景から、北海道の斜面崩壊に対する防災にも土壌雨量指数の適用が試みられ、土壌雨量指数が 100 を超えると斜面災害が発生する場合が多いことが分ってきた⁽¹⁾。しかし、土壌雨量指数を算出するために用いられる土質パラメータはまさ土に対するものであり、土質性状が異なる箇所でも一律に適用されていることから、より詳細に崩壊要因を検討するためには、個々の崩壊箇所の土質特性を把握することが重要である。

そこで、本研究では、2014 年 9 月 11 日の豪雨により、一般国道 453 号線および道道 341 号御料線で発生した 3 箇所の斜面崩壊現場において、現地調査による崩壊斜面の地形・地質状況と崩壊斜面の関連性について検討するとともに、土壌雨量指数以外の崩壊要因を検討するため、斜面崩壊箇所から採取した土試料に対して種々の物理試験及び独自の透水試験を行い、地盤工学的な観点から斜面崩壊の要因を比較・検討した。

2 斜面崩壊箇所における被災状況

本研究で対象とした斜面崩壊箇所の崩壊箇所を図 1⁽²⁾、図 2⁽³⁾に示す。図 1 における地点 1 及び地点 2 は、それぞれ、一般国道 453 号線の Kilo Post(KP) 24 km 付近(以下、地点 1)、及び KP33.06 km 付近(以下、地点 2)であり、図 2 に示す地点 3 は道道 341 号御料線の札幌市清田区有明付近(以下、地点 3)である。なお、本研究では、現地調査及び過去の調査報告 4),5)に基づいて検討を行った。

2.1 地点 1 の被災状況

KP23.88 km の斜面において、豪雨により表層部が流出する斜面崩壊が発生した。斜面崩壊の範囲は、幅 18m×高さ 20m 程度で、道路に土砂が堆積した状況であった(図 3)。なお、当該区間には、落石防護柵が設置されていたが、流出土砂により倒壊し、流出土砂は対向車線の歩道下法面にまで達した。また、この流出土砂により、斜面法尻(落石防護柵と同列)に設置されていた電柱(光ケーブル、高圧線が架空)も倒壊した(図 4)。

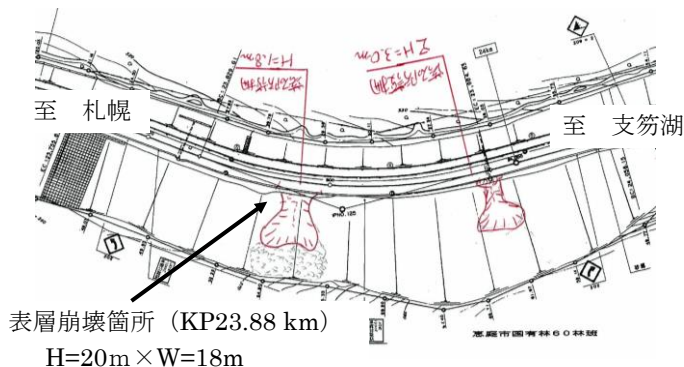


図 3 地点 1 の斜面崩壊箇所



図 1 斜面崩壊箇所：地点 1 (一般国道 453 号 KP24 km 付近) 及び地点 2 (KP33.06 km 付近) ⁽²⁾



図 2 斜面崩壊箇所：地点 3 (道道 341 号御料線 札幌市清田区有明付近) ⁽³⁾



図 4 地点 1 の斜面崩壊時の状況

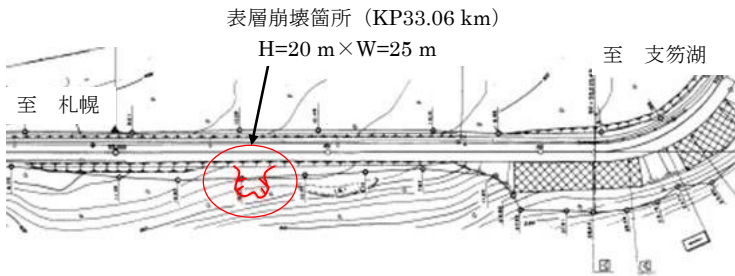


図 5 地点 2 の斜面崩壊箇所

2.2 地点 2 の被災状況

KP33.06 km 付近で、幅 25m×高さ 20m 程度の範囲で表層崩壊が発生した（図 5）。斜面崩壊による土砂は、国道 453 号の道路上まで流出し、土砂の一部が道路上に堆積した。斜面崩壊の形態は表層崩壊であり、崩壊箇所の斜面は、比高約 20 m 程度で、樹木などを巻き込んだ状態で斜面崩壊が発生したと考えられる。なお、崩壊した斜面と道路までのクリアランスは 20 m 程度であった（図 6(a), (b)）。

2.3 地点 3 の被災状況

道道御料線札幌市清田区有明付近で、幅 30 m×高さ 20 m 程度の範囲で表層崩壊が発生した。斜面崩壊時に樹木などを巻き込んだ状態でその一部が道路脇まで達したが、崩壊した斜面と道路までのクリアランスが 30m 程度あったため、道路に直接の被害は生じなかった。

3 斜面崩壊箇所における地形・地質の検討

3.1 地点 1 の地形・地質

崩壊した斜面の裾部には、路面から 2～3 m 程度は褐色の旧河床堆積物(砂礫)がほぼ水平に分布し、その上部に灰色の支笏火砕流堆積物が堆積していた（図 8）。斜面全体はほぼ塊状になっているが、苔が生えた上半部は比較的溶結しており、溶結凝灰岩からなると考えられる（図 9）。この岩はハンマーによる軽打で割れる程度の硬さで、この岩盤が露出する最上部斜面は 60～70° 程度の急立した斜面である。部分的に低角度の亀裂が発生し



図 6(a) 地点 2 の崩壊箇所全景



図 6(b) 地点 2 の道路流出土砂の状況



図 7 地点 3 の崩壊箇所全景



図 8 地点 1 崩壊箇所の正面全景



図 9 上部に分布する支笏火砕流堆積物



図 10 上部の段丘堆積物（褐色層）及び礫



図 11 地点 2 崩壊箇所の正面全景



図 12 地点 3 崩壊箇所の正面全景



図 13 崩壊箇所上部の溶結凝灰岩

ており、30 cm 程度の岩片として落下していた。また、中下半部は非溶結の火砕流堆積物で、半固結の状態であり、亀裂は入っておらず、ハンマーの打撃で先端が刺さる程度の硬さであった。斜面は、30～40° 程度の緩斜面で、火砕流堆積物の上を覆うように崖錐堆積物が堆積していた。最下部の旧河床堆積物は、支笏火砕流が発生する前に堆積していた砂礫と考えられ、比較的固結度が高いと考えられる。崩壊地正面全景は、斜面裾の褐色層は 50° 程度の急傾斜に立って残っており、今回は崩壊していない。また、崩壊地に落ち残りは少なく、新しい崩壊や抜け落ち跡は認められない。さらに、崩積土はほとんどが砂～小礫サイズであり、大きな転石は確認されなかった。

3.2 地点 2 の地形・地質

崩壊斜面より上部の背面は段丘面のためほぼ平坦になっており、崩壊面上部には、厚さ 5 m 程度の褐色の段丘堆積物があり、3～30 cm 程度の礫が介在していた（図 10）。これは、支笏火砕流が堆積した後、その上に堆積したものと考えられ、現河川に沿った形状で現河川よりも幅広く分布していると推定される。中～下部には火砕流堆積物(火山灰)が、約 15 m 堆積しており、斜面下端部まで見られた（図 11）。この火山灰は半固結状態であり、浸食された土砂が斜面上に薄く堆積し、若干ガリー浸食の跡が見られるものの、流出しにくい状態であった。

3.3 地点 3 の地形・地質

表層崩壊が発生した斜面は、平均 40° 程度、比高約 40 m 程度で、斜面裾から道路までは 30 m 程度の平坦地(クリアランス)があった。崩壊斜面全体には支笏火砕流堆積物(火山灰)が起源と考えられる崖錐堆積物が分布し、裾部には崖錐堆積物が覆っていた（図 12）。今回崩壊した斜面のさらに上部には、溶結凝灰岩の路岩もあることから、溶結凝灰岩の岩片が上部から供給され、火山灰と混じった崖錐堆積物が斜面中部～裾部に堆積していた状況と推定される（図 13）。

表 1 北海道内における斜面崩壊箇所の地形地質タイプ⁽¹⁾

タイプ	地形地質タイプA	地形地質タイプB	地形地質タイプC	地形地質タイプD
場所	地点2			地点1、地点3
地形地質的特徴	<ul style="list-style-type: none"> 急峻な岩盤斜面の上部に段丘堆積物が分布 集水地形 上部の段丘堆積物が崩壊 崩壊規模は大きくないが、高い位置から崩土が滑落(滑走)するため、土砂が車道まで達する 	<ul style="list-style-type: none"> 厚い土砂(段丘堆積物)の切土斜面 集水地形 比較的深い深度から崩壊し規模は大きく崩土が車道まで達する 	<ul style="list-style-type: none"> 急峻な火山性の岩盤斜面に表土(崖錐堆積物)が分布 集水地形 表土のみが薄く崩壊 比較的崩壊深度は浅く規模は小さい 	<ul style="list-style-type: none"> 急峻な堆積性の岩盤斜面に表土(崖錐堆積物)が分布 集水地形および非集水地形 表土のみが薄く崩壊 比較的崩壊深度は浅く規模は小さい
パターン模式図				

3.4 地形・地質タイプによる斜面崩壊箇所の分類

表 1 は、北海道内で過去に発生した自然斜面崩壊現場の土試料を収集し、土壤雨量指数以外の崩壊要因を検討するため、崩壊箇所を地形、地質で分類したものである⁽¹⁾。すなわち、おもに海成段丘の切土のり面や自然斜面で、斜面上部の段丘堆積物が表層崩壊し、流走したもの(タイプ A)、同じく段丘崖で厚い段丘堆積物がやや深い崩壊を起こしたもの(タイプ B)、山腹斜面や段丘崖の崖錐堆積物や表土が表層崩壊したもの(タイプ C および D)である。タイプ C と D は基盤岩によって区別したもので前者が火山性の、後者が堆積性の岩盤からなる。本研究による検討から、地点 1 及び地点 3 はタイプ D、地点 2 はタイプ A に分類されることが分かった。

4 斜面崩壊要因の検討

地点 1 については、崩壊地に落ち残りは少なく、新しく崩壊や抜け落ち跡は認められず、また、崩積土のほとんどが砂～小礫サイズであり、大きな転石は認められなかった。このことから、今回の豪雨での斜面崩壊は、斜面上部の溶結凝灰岩露岩部の不安定化ではなく、非溶結部分が予め削剥されて斜面に堆積していた崖錐堆積物が崩壊した表層崩壊と考えられる。なお、今回の斜面崩壊前から堆積していた表層の崖錐性堆積物の多くは今回の土砂崩壊で流出したものと考えられるが、斜面中腹や端部には今回の斜面崩壊による崩積土が堆積していると考えられる。地点 1 における斜面崩壊は、豪雨時に発生していることから雨水浸透が直接的原因であることは明らかであり、崩壊機構として、1) 地表水により斜面表層の土質が浸潤し、土塊重量が増加したこと(作用せん断力の増大)、2) 地下浸透水により斜面内土質の間隙水圧が増加(有効応力が低下)し、土塊のせん断強度が低下こと、3) これら 2 つの作用により、斜面表層の土質が崩壊したと考えられる。

地点 2 については、崩積土のほとんどが褐色の円礫混じりの土砂であることから、段丘堆積物が崩壊したものと考えられる。一方、灰色を呈す火砕流堆積物(火山灰)の崩土は認められていない。このことから、今回の豪雨での斜面崩壊は、斜面上部に分布する透水性の高い段丘堆積物に豪雨による水が浸透し、その一部が不安定化して発生した表層崩壊と考えられる。また、今回の崩壊自体は小規模であるが、もともと崩壊を繰り返して崩積土がたまっていたところに今回の崩壊が重なり、崩積土が崖錐斜面を走ったために道路まで到達したものと推定される。

地点 3 については、崩積土が火山灰と溶結凝灰岩礫が混じり合った土砂となっていることから、崖錐堆積物が崩壊したものと推察される。地点 2 の崖錐堆積物は、地山を構成する支笏火砕流堆積物を起源として、厚さ 1 m 程度で斜面表層に堆積していたが、今回の豪雨により表層崩壊が発生したと考えられ、

崩壊機構は地点 1 と同様であると考えられる。また、崩壊土砂は裾部に流出したが、斜面裾から道路までは、約 30 m のクリアランスがあったことから、土砂が直接道路に及ぶことはなかったが、立木を巻き込んで崩壊したため倒木が発生し道道際まで達したと推察される。

5 斜面崩壊土の物理試験および透水試験による検討

5.1 物理試験による検討

3 箇所の斜面崩壊箇所において、図 14 に示すように、崩壊土をスコップにて採取した。採取した試料は、ビニール袋に入れ、実験室に運んだ後、それぞれの試料に対して粒度試験を行った。得られた粒径加積曲線を図 15～17 に示す。なお、図中には、土粒子の密度試験、液性限界・塑性限界試験から得られた種々の土質パラメータを併せて示した。斜面崩壊箇所の試料は、地盤材料の工学的分類法の大分類では、全て砂質土となるが、小分類では、地点 1 (KP23.88 km) 試料は細粒分質礫質砂に、地点 2 (KP33.06 km) 試料及び地点 3 (道道 341 号御料線の札幌市清田区有明付近) 試料は、ともに細粒分混じり礫質砂、それぞれ分類される。均等係数 U_c は、地点 2 試料で 47.37 と最も大きく、地点 1、地点 3 試料の順で小さくなっている。また、細粒分含有率 F_c は地点 1 試料で 19.41 % と最も大きい。一方、土粒子の密度 ρ_s は、地点 26 試料が 2.98 g/cm^3 と最も大きく、他の試料は $2.5 \sim 2.6 \text{ g/cm}^3$ 程度であった。なお、塑性指数 I_p は、全ての試料で、一般的な土に比べて、比較的小さい値であり、特に、地点 3 試料では非塑性であった。

以上より、本研究で対象とした斜面崩壊箇所の土質は、均等係数が比較的小さくかつ細粒分が少なく、また、 I_p が比較的小さいことから、塑性状態を保てる含水比の幅が小さいために、比較的小さい降雨量で崩れやすい土質であることが推察される。

5.2 透水試験による検討

本研究では、それぞれの土試料の透水性を検討するために、それぞれの土試料に対して、JIS 規格とは異なる方法で定水位透水試験を行った。この定水位透水試験方法は、透水試験装置の上部モールドに礫層を密になるように入れ、下部モールドに試料土層を入れ、締め固めて作製し、脱気水を透水試験装置の下端から流入し供試体に通水させ、上端から排水する方法である。その際、動水勾配は、現場で想定される値の $i=0.1 \sim 1.0$ に基づき $i=1.0$ に設定し、試験後にそれぞれ所定の経過時間ごとに排水量を計測した。試料別に試験装置の土層全体の透水係数と平均粒径 D_{50} の関係を図 18 に、



図 14 斜面崩壊土の採取状況

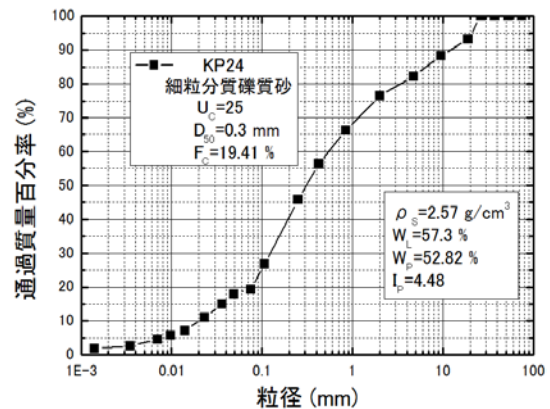


図 15 地点 1 試料の粒径加積曲線

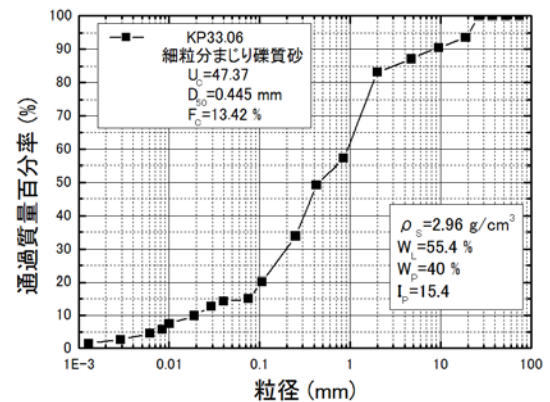


図 16 地点 2 試料の粒径加積曲線

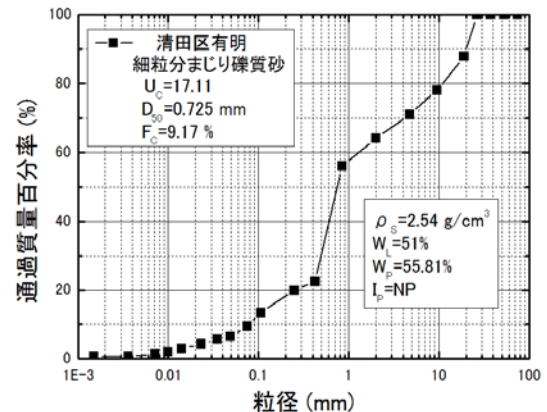
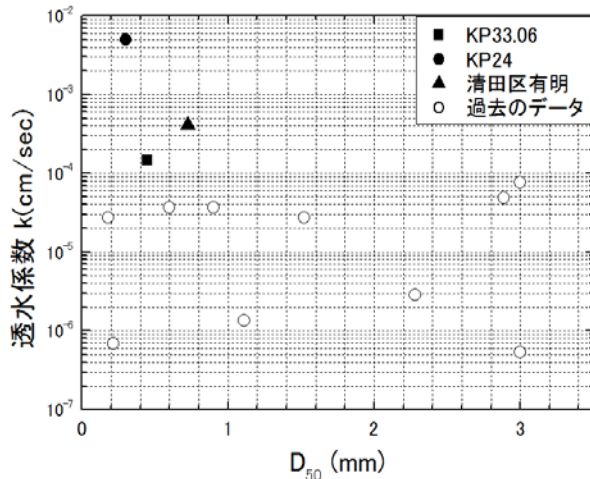
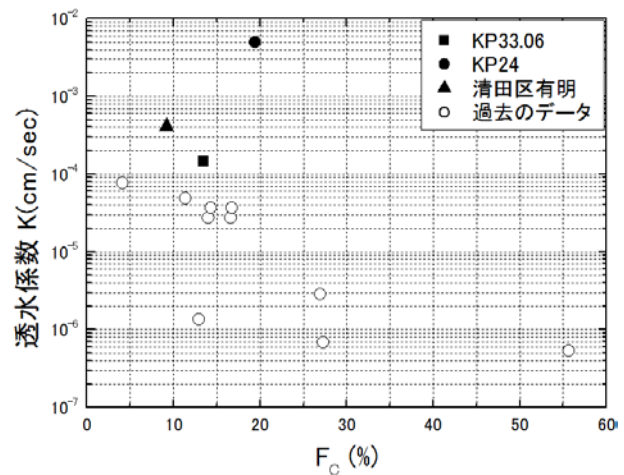
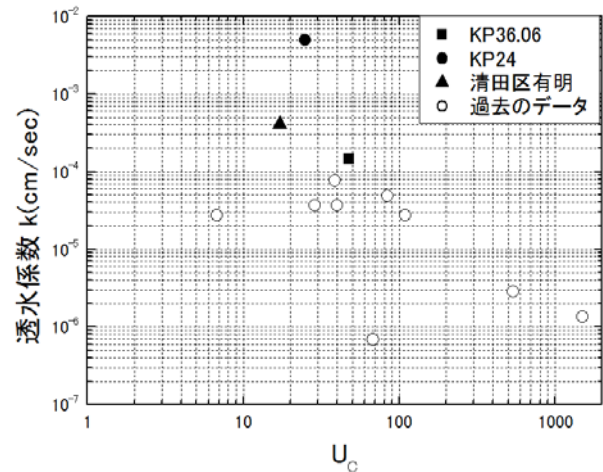


図 17 地点 3 試料の粒径加積曲線

図 18 透水係数と D_{50} の関係図 19 透水係数と F_c の関係

透水係数と細粒分含有率 F_c の関係を図 19 に、透水係数と均等係数 U_c の関係を図 20 に、それぞれ過去のデータ⁶⁾とともに示す。本研究で対象とした斜面崩壊箇所から採取した試料の透水係数は、過去のデータと比べると、すべての試料で大きい値を示している。ただし、地点 1 試料の透水係数は最も大きい。図 18 に示す D_{50} が小さく、図 19 に示す F_c が大きいことから、試験中の供試体に水みちが形成された影響で透水係数の値が大きくなった可能性がある。地点 2 および地点 3 試料の D_{50} 、 F_c および U_c は、過去の崩壊箇所の土質に比べると、全体的に小さな値を示している。

以上より、本研究で対象とした斜面崩壊箇所の土質は、水を通しやすい土質であることが分かる。したがって、 D_{50} および U_c が小さく、かつ、ある程度の細粒分を含む砂質土については、比較的少ない降雨量で斜面崩壊が生じる可能性があると思われる。

図 20 透水係数と U_c の関係

6 まとめ

2014 年 9 月 11 日の豪雨により、一般国道 453 号線および道道 341 号御料線の支笏湖周辺地域で発生した 3 箇所の斜面崩壊現場において、現地調査による崩壊斜面の地形・地質状況と崩壊斜面の関連性について検討するとともに、土壌雨量指数以外の自然斜面崩壊要因を検討するため、斜面崩壊箇所から土試料を採取し、種々の土質物理試験及び独自の透水試験を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 本研究で対象とした斜面崩壊は、すべて表層崩壊であることが分かった。また、地形・地質学的検討から、崩壊要因として、地点 1 は、素因として非溶結部分からなる崖錐堆積物、誘因として表面水の斜面表層への浸潤と地下浸透水による斜面内土中の間隙水圧の上昇が考えられること、地点 2 は、表因として円礫混じりの透水性の高い段丘堆積物起源とする崖錐堆積物、誘因として斜面表層への表面水の浸透が考えられること、地点 3 は、素因として支笏火砕流堆積物を起源とする崖錐堆積物、誘因として斜面表面への表面水の浸透が考えられることが明らかになった。
- 2) 過去の研究で提案された斜面崩壊箇所の地形・地質タイプで分類すると、地点 1 及び地点 3 はタイプ D、地点 2 はタイプ A に分類されることが分かった。

- 3) 本研究で対象とした斜面崩壊箇所の土質は、過去の斜面崩壊箇所試料に比べて、大きな透水係数であり、また、均等係数が比較的小さくかつ細粒分が少なく、 I_p が比較的小さい土質であった。
- 4) D_{50} および U_c が小さく、かつ、ある程度の細粒分を含む砂質土で、透水係数が大きい場合には、比較的少ない降雨量で斜面崩壊が生じる可能性があると考えられる。
- 5) 自然斜面崩壊の要因は、誘因として降雨量は最も重要であるが、素因として、斜面を構成する土の物理特性を把握することは重要であることが明らかにされた。

謝辞

本研究において、斜面崩壊箇所の現地試料採取、実験及びデータ整理に関して、平成 26 年度室蘭工業大学 4 年菅野僚二君及び山田恭平君の協力を得た。また、斜面崩壊箇所における現地調査及びの地形・地質の検討に関して、(株)ドーコン、金秀俊氏から貴重な助言を頂いた。末筆ながら、ここに深甚なる感謝の意を表します。

文献

- (1) 小林修司, 金秀俊, 木幡行宏, 田近淳, 田中洋行, 三木田正則, 渡島・日高・留萌地域の土砂災害箇所における降雨パターンと地形・土質特性, 地盤工学会北海道支部技術報告集, no. 54, 2014, p. 143-148.
- (2) Google map : <https://www.google.co.jp/maps/@42.7901149,141.2965951,12.25z>
- (3) Google map : <https://www.google.co.jp/maps/@42.9280689,141.3995161,15z>
- (4) 北海道開発局監修, 漁川ダム工事記録, 北海道開発協会, 1984.
- (5) 日本地質学会, 日本地方地質誌 1, 北海道地方, 朝倉書店, 2010, p. 470-471.
- (6) 石岡佑介, 北海道内で過去に発生した自然斜面崩壊箇所の土質工学的検討, 室蘭工業大学, 平成 25 年度卒業論文.

引張ひずみを受ける鉄筋コンクリート部材の だぼ耐力に関する実験的研究

溝口 光男^{*1}、花木 健哉^{*2}、高瀬 裕也^{*1}

Experimental study on Dowel Strength of Reinforced Concrete Member with Tensile Strain

Mitsuo MIZOGUCHI, Kenya HANAKI and Yuuya TAKASE

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

The destruction of the shear wall with the side column base deformed in the horizontal direction is assumed. The experiment of the reinforced concrete column having shear glide plane is conducted and the effects of main reinforcement pitch and hoop are examined on dowel strength in the case of using D13 as column main reinforcement. As a result, it is confirmed that the dowel strength subjected to tensile strain decreases compared to the strength subjected to no tensile strain. And it is showed that the main reinforcement pitch and hoop position influence the dowel strength subjected to tensile strain. We consider that the decrease of the dowel strength with main reinforcement subjected to tensile strain have relation to the bearing resistance of concrete.

Keywords : Structure Experiment, Column, Tensile Strain, Dowel Strength, Reinforcement bar Pitch

1 はじめに

高層建物内に配置される連層耐震壁は L 形やコ形などの立体壁の形状で配置されている場合が少なくない。このような立体の耐震壁の下層では、一般に水平力を受けると曲げの影響とともに他に直交する壁から境界応力を受け、水平力に対して圧縮側となる側柱に大きな引張力が作用し、側柱脚部が引張降伏以上に大きく伸びることがあると考えられる。筆者らは、これまでに側柱脚部に大きな伸びを与えた

*1 室蘭工業大学 くらし環境系領域

*2 株式会社竹中工務店

平面壁やL形断面耐震壁の加力実験を行い、側柱脚部の伸びが大きくなるとせん断耐力は低下することを明らかにした^{1), 2), 3)}。このせん断耐力の低下した耐震壁では、側柱脚部は柱の水平ひび割れが水平方向にずれるような破壊状況となり、側柱主筋のだぼ作用が耐震壁のせん断抵抗に大きく影響していると考えられる。本研究では、せん断すべり面を有する鉄筋コンクリート柱の水平加力実験を行い、柱主筋が引張ひずみを受ける場合について、柱主筋のだぼ耐力に及ぼす柱主筋間隔および帯筋の影響について検討する。

2 実験概要

2.1 試験体

試験体は上部と下部にそれぞれ加力梁と基礎梁を有する鉄筋コンクリート柱模型とし、柱上部と加力梁の接合面をせん断すべり面とした。試験体数は6体とし、試験体形状は全試験体共通とした。図-1に各部の寸法と配筋の一例として、加力方法のみを変化させた試験体 No.9 と No.12 の配筋を示す。試験体は表-1、図-2 に示すように、せん断すべり面を横切る主筋間隔およびせん断すべり面から一本目の帯筋有無をそれぞれ変化させて作製した。また、柱内法高さは400mm、柱断面は300×300mm角とした。せん断すべり面には、グリースを塗布した厚さ1mmのスチレンペーパーを配し、このスチレンペーパーを境に柱部と加力梁のコンクリートを打ち分け、骨材の噛み合いや摩擦による影響を除去した。柱の主筋はD13を使用し、最小間隔⁴⁾を満たすような間隔として配筋した。コンクリートは、早強ポルトランドセメントを用いた普通コンクリート（粗骨材の最大寸法：13mm）とし、設計基準強度は30N/mm²とした。コンクリートの性状は表-1に、鉄筋の性状は表-2にそれぞれ示す。

2.2 加力方法および計測方法

図-3に加力装置の立面図を示す。加力は3台のアクチュエータを図のように配置して行った。アクチュエータ1、2の加力は、加力梁と基礎梁の平行を保つように加力した。No.9、No.10、No.11の3体は、加力梁の自重がせん断すべり面に加わらないように、アクチュエータ1と2の荷重の合計値が加力梁の重量(約6kN)となるような加力とした。No.12、No.13、No.14の3体は、せん断すべり面

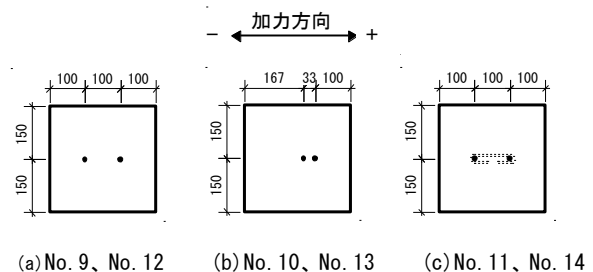


図-2 せん断すべり面配筋図

表-1 試験体一覧

試験体	配筋		コンクリート性状		
	主筋間隔 (mm)	せん断すべり面から 一本目の帯筋位置 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数* (N/mm ²)
No. 9	100	100	30.4	3.26	20700
No. 10			30.7	3.40	20300
No. 11			32.8	3.87	20500
No. 12	33	100	32.5	3.77	21100
No. 13			30.5	3.72	20700
No. 14			31.0	3.79	21600

*最大応力度 σ_g の1/3の時の割線弾性係数

表-2 鉄筋の性状

種別	断面積* (mm ²)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	降伏歪 ($\times 10^{-6}$)	備考
D19	286.5	576	2420	177000	2200	梁主筋・曲げ補強筋
D13	126.7	396	578			柱主筋
D10	71.3	127	584			あばら筋
D6	31.67	406	518	173000	4350	帯筋

*JIS G 3112

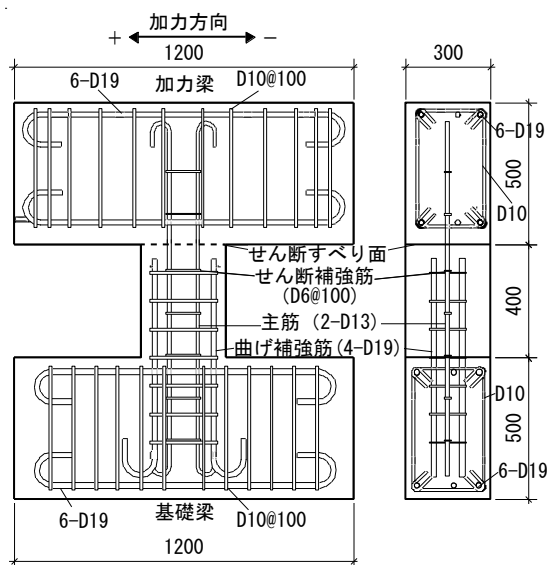


図-1 試験体概要 (No.9、No.12)

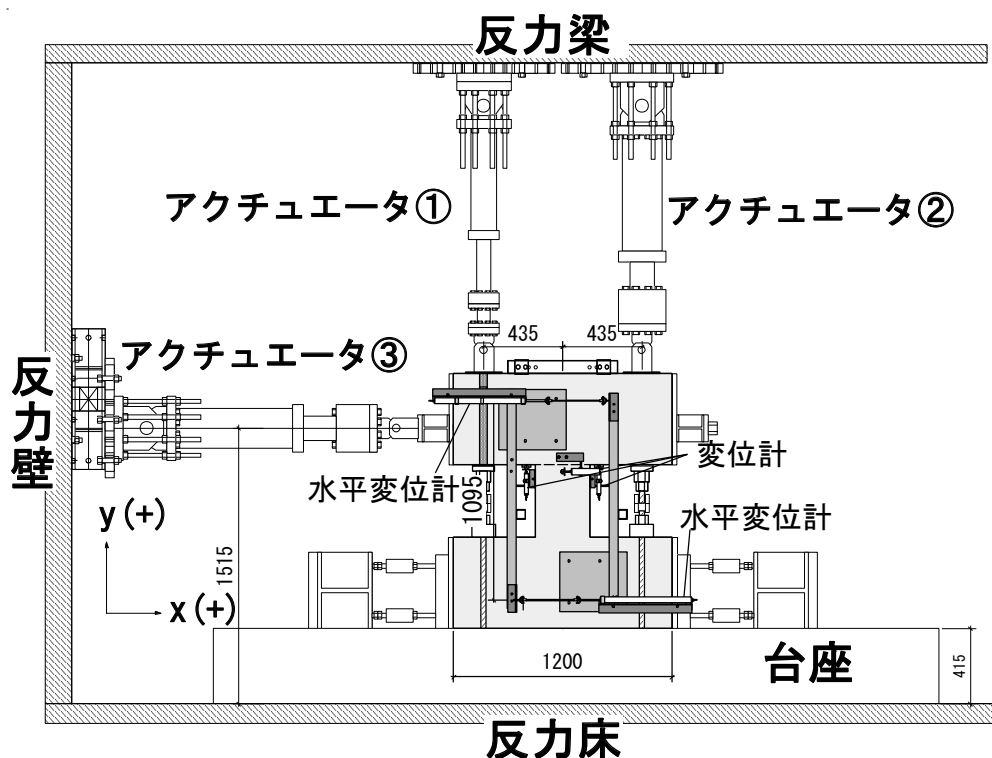


図-3 加力装置立面図

の目開きが主筋降伏時の目開きの4倍程度となるように加力した。アクチュエータ3の加力は、水平方向の変位漸増正負繰り返しとし、1,2,3サイクルでは基礎梁に対する加力梁の変位が各ピーク時で0.5mm、1mm、2mmとなるように加力し、4サイクル目の正加力で最大耐力を確認するまで加力することを原則とした。変位の計測は、加力梁と基礎梁の間の水平変位をデジタル変位計で計測し、せん断すべり面位置のすべり変位を歪ゲージ式変位計で直接計測した。荷重はすべてアクチュエータに組み込まれているロードセルにより計測した。主筋のひずみ度は、既往研究⁵⁾を参考にして、せん断すべり面から下方向の距離13mm(=d_b:鉄筋径)、52mm(=4d_b)、91mm(=7d_b)の位置と、上方向の距離13mm(=d_b)の位置の各位置に取り付けたワイヤーストレインゲージにより計測した。

3 実験結果

3.1 荷重－変形曲線

各試験体の荷重－すべり変形曲線を図-4に示す。図-4中の●印はだぼ耐力を示している。ここで、軸方向引張ひずみを与えていない試験体No.9、No.10、No.11の3体のだぼ耐力は、文献⁶⁾を参考として、せん断すべり面から上下13mmの位置の主筋すべてが降伏した点として定めた。また本研究では、軸方向引張ひずみを与えた試験体No.12、No.13、No.14の3体のだぼ耐力は、主筋降伏点では確認することができないため、それぞれ同配筋とした試験体No.9、No.10、No.11の3体のだぼ耐力時のすべり変位と同変位時の荷重として定めた。図-4をみると、No.13を除く試験体5体は、加力方法、配筋状態の違いにかかわらず、すべり変位2mm程度以降において、ほぼ直線的に荷重が上昇し続けた。軸方向引張ひずみを与えていない試験体No.9、No.10、No.11の3体は、主筋間隔や帯筋位置によらず、ほぼ同様の曲線形状を示し、主筋が降伏した後、荷重の増加が緩やかになっている。No.9を除く2体は、すべり変位1mm程度で主筋が降伏した。軸方向引張ひずみを与えた試験体No.12、No.13、No.14の3体では、荷重－すべり変形曲線は主筋間隔と帯筋の有無によって異なるものとなっている。せん断すべり面近くに帯筋が配されている試験体No.14の曲線は、他試験体の曲線と比べて荷重が小さくなっている。

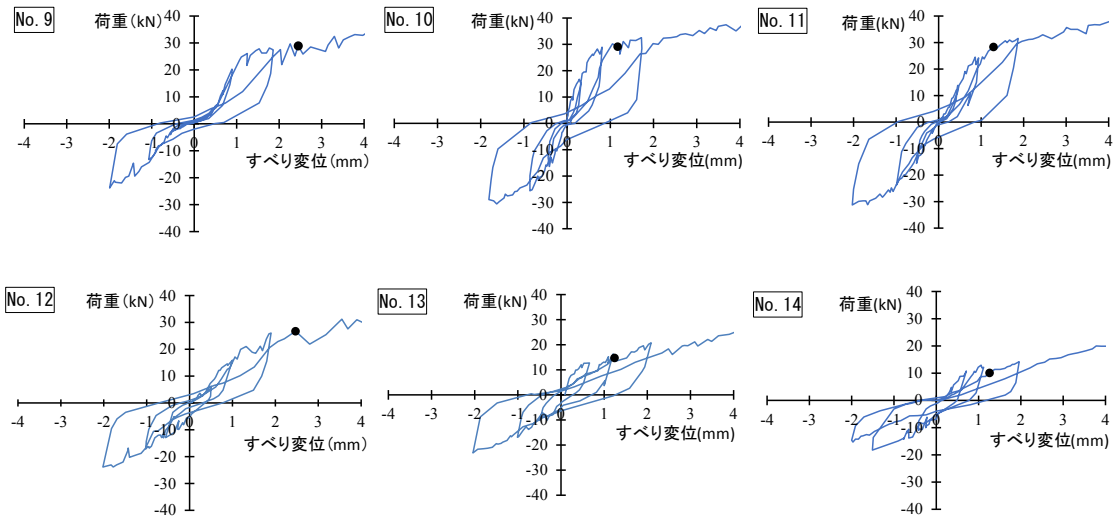


図-4 荷重－すべり変形曲線

3.2 だぼ耐力

各試験体のだぼ耐力実験値 Q_d とせん断すべり面のすべり変位 δ を昨年度の結果³⁾と併せて表-3に示す。表には、文献⁶⁾によるだぼ耐力計算値 V_d と計算値に対する実験値の比率も併せて示した。表中の計算値 V_d は下式で計算した値である。

$$V_d = 1.30d_b^2 \sqrt{\sigma_B \cdot \sigma_y} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 d_b ：柱主筋直径(mm)、 σ_B ：コンクリート圧縮強度(N/mm²)、 σ_y ：柱主筋降伏強度(N/mm²)

上式は、鉄筋降伏時において、鉄筋のだぼ作用によって発生するコンクリート支圧応力がコンクリートの一軸圧縮強度の5倍であると仮定して導かれたものである。表をみると、引張ひずみを与えていない試験体 No.9、No.10、No.11 の3体の主筋降伏時のだぼ耐力 Q_d は、主筋間隔や帯筋位置による違いはみられず、計算値 V_d との比率が0.60程度となっており、実験値は計算値を大きく下回っている。このことから、だぼ耐力時において、コンクリート支圧応力がコンクリートの一軸圧縮強度の5倍にまでは至っていないことが考えられる。軸方向引張ひずみを与えた試験体 No.12、No.13、No.14 の3体の計算

表-3 だぼ耐力実験値

試験体名	実験値		計算値	比率 Q_d/V_d	補正值			破壊型
	だぼ耐力	すべり変位	だぼ耐力		だぼ耐力	コンクリート強度	強度比	
	Q_d (kN)	δ (mm)	V_d (kN)		Q_d^* (kN)	σ_B (N/mm ²)	f^{**}	
No.9	28.9	2.45	48.2	0.60	28.9	30.4	1.00	降伏
No.10	29.1	1.17	50.1	0.58	27.0	32.8	1.08	降伏
No.11	28.3	1.29	48.3	0.59	28.2	30.5	1.00	降伏
No.12	26.8	2.47	48.4	0.55	26.5	30.7	1.01	-
No.13	14.7	1.24	49.8	0.29	13.8	32.5	1.07	-
No.14	10.2	1.29	48.7	0.21	10.0	31.0	1.02	-

* $Q_d^*=Q_d/f$ ** $f=\sigma_B/(No.9の\sigma_B)$

値に対する実験値の比率は、0.21～0.55 となり、主筋間隔および帯筋位置によるばらつきがみられる。図-5 にだぼ耐力実験値の補正值 Q_d' と主筋間隔／主筋径の関係を示す。ここで、 Q_d' は No.9 のコンクリート強度を基準として、各試験体のだぼ耐力実験値 Q_d を、No.9 に対する各試験体のコンクリート強度の比で除して求め、その値を表-3 に示した。図-5 をみると、軸方向引張ひずみを与えていない試験体では、 Q_d' は、No.9 で 28.9kN、No.10 で 27.0kN と主筋間隔／主筋径が小さくなると約 2kN 小さくなっているが、大きな違いはみられず、主筋本数 4 本の場合³⁾と異なる結果となっている。これは、本研究では、コンクリートに主筋に沿った割裂ひび割れは発生せず、主筋降伏が先行したためであると考えられる。軸方向引張ひずみを与えた試験体では、 Q_d' は、No.12 で 26.5kN、No.13 で 14.7kN と主筋間隔／主筋径が小さくなると約 12kN 小さく、No.12 に対する No.13 の Q_d' の比率は 0.55 程度となっており、軸方向引張ひずみを与えていない場合と異なる結果となった。図-6 にだぼ耐力実験値の補正值 Q_d' とせん断すべり面近くの帯筋の有無の関係を示す。図-6 をみると、 Q_d' は、No.9 で 28.9kN、No.11 で 28.2kN と主筋間隔／主筋径によらず同程度の値となり違いがみられない。軸方向引張ひずみを与えた試験体では、 Q_d' は、No.12 で 26.5kN、No.14 で 10.2kN とせん断すべり面近くに帯筋が配置されると約 16kN 小さく、No.12 に対する No.14 の Q_d' の比率は 0.38 程度となっており、軸方向引張ひずみを与えていない場合と異なる結果となった。柱主筋がせん断力と同時に軸方向引張ひずみを受ける場合、コンクリートには、主筋から鉛直上向きの力が作用しているため二軸応力状態となり、コンクリートの支圧強度は、引張ひずみを受けない場合に比べて低下することが一因と考えられる。また、主筋間隔が近くなると、主筋間のコンクリートは主筋 2 本の影響を受けることから支圧強度がさらに低下すると考えられる。帯筋がせん断すべり面の近くに配される場合、コンクリートは主筋と帯筋から鉛直上向きの力を受けると考えられ、支圧強度が大きく低下すると思われる。図-4 の荷重 - すべり変形曲線をみると、降伏以上の軸引張ひずみを受ける主筋のだぼ作用による抵抗は、引張ひずみを受けない主筋の降伏後のだぼ作用による抵抗と似た挙動を示しており、コンクリートの支圧抵抗であると考えられることから、引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力は、引張ひずみを受けない主筋のだぼ耐力から支圧強度を低下させることで評価できるものと考えられる。今後、主筋が引張ひずみを受ける場合のコンクリートの支圧強度について、さらに検討が必要と考えている。

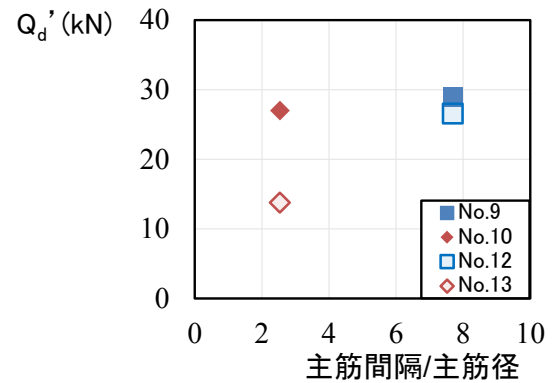


図-5 だぼ耐力と主筋間隔/主筋径の関係

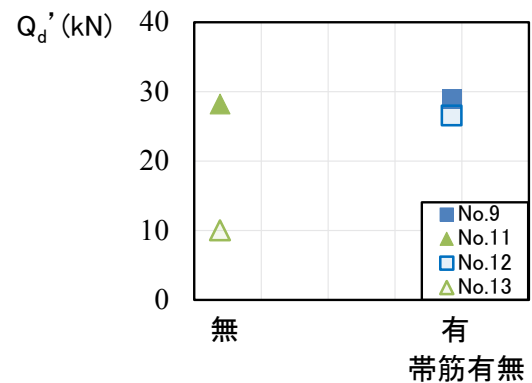


図-6 だぼ耐力と帯筋有無の関係

4 まとめ

せん断すべり面を有する鉄筋コンクリート柱を用いて、柱主筋間隔および帯筋の有無を変化させた実験を行い、引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力を検討した。引張ひずみを受ける鉄筋のだぼ耐力は、引張ひずみを受けない場合に比べて低下することを確認し、主筋間隔や帯筋位置の影響を大きく受けることを示した。この引張ひずみを受ける主筋のだぼ耐力の低下は、コンクリートの支圧抵抗の低下に関係

するものと考えられるが、この点についてはさらに検討したい。

謝辞

本論文を作成するにあたり、平成 26 年度学部卒業生の下井裕人氏と横田瑞峰氏には試験体の作成から実験データの整理まで、多大なるご協力をいただいた。ここに謝意を表します。

文献

- (1) 下川部皓紀, 溝口光男, 荒井康幸, 側柱が伸びた鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁のせん断耐力, コンクリート工学年次論文集, vol. 35, no. 2, 2013.7, p. 415-420.
- (2) 花木健哉, 溝口光男, 荒井康幸, 下川部皓紀, 側柱が伸びた鉄筋コンクリート L 形断面耐震壁のせん断耐力に及ぼす帯筋比の影響, コンクリート工学年次論文集, vol. 36, no. 2, 2014.7, p. 319-324.
- (3) 花木健哉, 溝口光男, 鉄筋コンクリート部材のだぼ耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, vol. 37, no. 2, 2015.7, p. 175-180.
- (4) 日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 1999.
- (5) Yoshiki Tanaka and Jun Murakoshi, Reexamination of Dowel Behavior of Steel Bars Embedded in Concrete, ACI Structural Journal, vol. 108, no. 6, 2011.11, p. 659-668.
- (6) E.N.Vintzeleou and T.P.Tassios, Mathematical models for dowel action under monotonic and cyclic condition, Magazine of Concrete Research, vol. 38, no. 134, 1986.3, p. 13-33.

AFRP シート曲げ補強 RC 梁のシート破断抑制法 に関する静載荷実験

栗橋 祐介^{*1}, 小室 雅人^{*1}, 三上 浩^{*2}, 岸 徳光^{*3}

Static loading tests on rupture control of AFRP sheet for flexural strengthening of RC beam

Yusuke KURIHASHI, Masato KOMURO, Hiroshi MIKAMI and Norimitsu KISHI

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

In this study, in order to propose the effective rupture control method of Aramid FRP (AFRP) sheet for flexural strengthening of RC beam, falling-weight impact loading tests for the strengthened RC beams were conducted. In these experiments, the followings were investigated; 1) effect of the unit mass of the flexural strengthening AFRP sheet; 2) effect of the horizontally bonded AFRP sheet to the side surface of the beam; and 3) effect of the U-shaped bonding AFRP sheet. The results obtained from these experiments were as follows: 1) rupture of the flexurally reinforcing AFRP sheet can be effectively controlled by increasing the sheet volume; 2) effect of the horizontally bonded sheet was not much; and 3) shear cracks can be restrained by the U-shaped bonding sheet, however rupture of the sheet for flexural reinforcing cannot be restrained.

Keywords: RC beam, AFRP sheet, Flexural reinforcing, Falling-weight impact test, Rupture control method

1 はじめに

近年、既設鉄筋コンクリート (RC) 構造物の耐力向上法として、連続繊維 (FRP) シート接着工法が広く採用されるようになってきた。一方で、最近では既設の耐衝撃用途構造物の経年劣化や耐力不足も報告されており、この種の構造物の耐衝撃性向上法の確立も喫緊の課題となっている。著者らは、これまで耐衝撃用途 RC 構造物の耐衝撃性向上法として FRP シート接着工法を提案している。また、FRP シートには耐衝撃性に優れるアラミド繊維製 FRP (AFRP) シートを採用することとし、その適用性についても検討を行っている⁽¹⁾。なお、これらの検討は、RC 構造物の最も基本的な構造要素である RC 梁を対象に行っている。その結果、AFRP シートで曲げ補強を施すことにより RC 梁の変形量やひび割れ幅を低減可能であることや、シート目付量を増加させることにより RC 梁の耐衝撃性を向上させることが可能であること等を、明らかにしている⁽²⁾。

*1 室蘭工業大学 くらし環境系領域

*2 三井住友建設 (株) 技術研究所

*3 (独) 国立高専機構 釧路工業高等専門学校

表 1 試験体一覧

試験体名	シート目付量 (g/m ²)	補強方法	設定落下高さ H (m)	実測落下高さ H (m)	コンクリートの圧縮強度 (MPa)	主鉄筋降伏強度 (MPa)	計算曲げ耐力 (kN)	計算せん断耐力 (kN)	せん断余裕度 α	シート破断の有無
N-H2.5 ⁽³⁾	—	無補強	2.5	2.43	23.4	359	56.6	277	4.89	—
A830-H2.5 ⁽³⁾	830	曲げ補強のみ	2.5	2.37	32.0	369	98.0	285	2.90	無
A830-H3.0 ⁽³⁾			3.0	2.75						有
A1245-H3.0 ⁽³⁾	1,245	曲げ補強のみ	3.0	2.61	33.4	359	112.8	287	2.54	無
A1245-H3.5 ⁽³⁾			3.5	3.05						無
A830S-H3.0	830	曲げ補強+側面補強	3.0	2.61	33.4	359	100.1	287	2.86	無
A830S-H3.5			3.5	3.05						有
A830U-H2.5	830	曲げ補強+U字型補強	2.5	2.27	33.4	359	98.2	287	2.92	無
A830U-H3.0			3.0	2.61						有

しかしながら、入力エネルギーが大きい場合には、斜めひび割れに囲まれた領域においてひび割れが大きく開口するとともに上縁コンクリートの圧壊が顕在化するため、静荷重載荷の場合よりも載荷点近傍の AFRP シートに応力が局所的に集中しシートが破断して終局に至る傾向にあることが明らかになっている。従って、FRP シートを用いた RC 部材の適切な耐衝撃性向上法を確立するためには、シートの破断メカニズムを解明し、その抑制法や予測法の提案に向けた検討を推進することが肝要である。そのため、著者らはこれまで高目付量の AFRP シートを使用した場合や、AFRP シートより低弾性であるポリエチレンテレフタレート繊維製 FRP (PFRP) シートを併用して曲げ補強を施した場合について検討を行った⁽³⁾。その結果、AFRP シートの目付量を増加させることにより、斜めひび割れの発生角度が浅くなるとともに、大きなひずみの発生領域が拡大するため、シートに発生する応力集中が緩和され、シート破断が抑制されることが明らかになった。また、PFRP シートを用いて曲げ補強し、さらに AFRP シートを積層することで、AFRP シートに局所的に伝わる応力が緩和され、シート破断が抑制されることも明らかにしている。

なお、AFRP シートの破断を抑制するためには、上記のように曲げ補強シートの目付量を増加させる方法や異なる材質のシートを用いる方法の他、梁側面にシートを接着することによってシート破断の要因となるひび割れの発生・開口を抑制する方法も効果的であるものと考えられる。

このような観点より、本研究では、AFRP シートを用いて曲げ補強した RC 梁のシート破断抑制策を提案することを目的に、シート破断の起因となる斜めひび割れや曲げひび割れの開口を抑制する方法として、梁両側面に軸方向に AFRP シートを接着する方法 (以後、側面補強法) や梁両側面と底面に AFRP シートを U 字型に巻き付ける方法 (以後、U 字型補強法) を提案し、RC 梁の衝撃荷重載荷実験により提案補強法の効果を検討した。また、側面補強法および U 字型補強法による破断抑制効果と曲げ補強シートの目付量増加による効果との差異を比較検討するため、高目付量の AFRP シートを用いた文献⁽³⁾の実験結果も用いて検討することとした。

2 実験概要

表 1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。試験体は、AFRP シート補強の有無や補強方法、落下高さを変化させた全 9 体である。表中の試験体名のうち、第一項目は AFRP シート曲げ補強の有無 (N: 無、A: 有) を示し、補強有りの場合には曲げ補強に用いた AFRP シート (以後、曲げ補強シート) の目付量 (g/m²) を併せて示している。また、付随する英文字 S、U はそれぞれ側面補強法および U 字型補強法を併用した梁を示している。このうち、N/A830/A1245 試験体は、文献⁽³⁾の結果の一部を引用したものである。

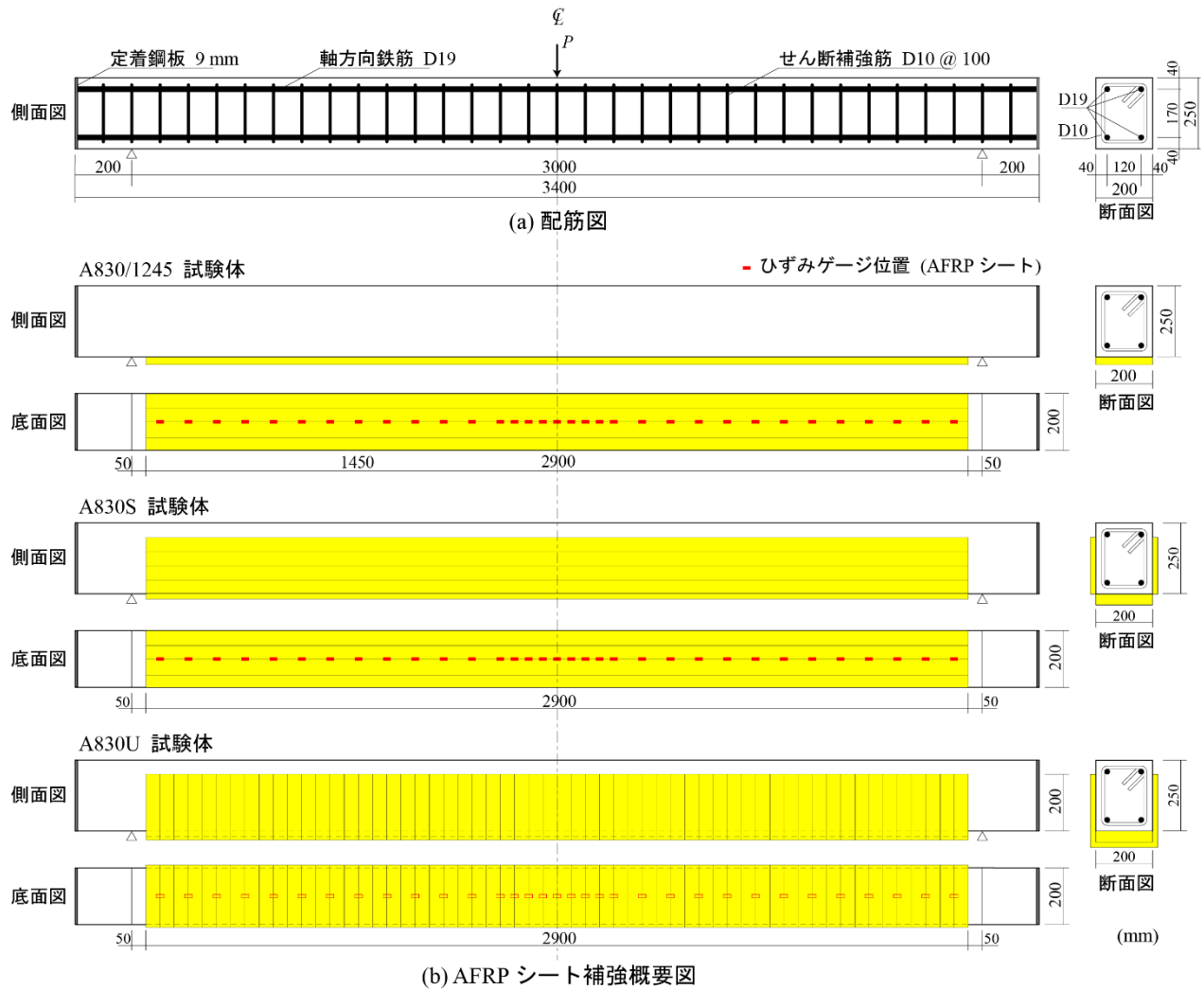


図 1 試験体の形状寸法、配筋および補強状況

なお、A830 試験体は、既往の文献⁽³⁾において設定落下高さ $H=3.0$ m で曲げ補強シートが破断したことから、本研究では曲げ補強シートの破断抑制法として 1) 梁両側面に部材軸方向に AFRP シートを接着して斜めひび割れや曲げひび割れの発生・開口を抑制する方法 (側面補強法、A830S 試験体)、および 2) 梁両側面および底面に AFRP シートを U 字型に巻き付けて、斜めひび割れの発生・開口を抑制する方法 (U 字型補強法、A830U 試験体) を提案した。また、文献⁽³⁾より、曲げ補強シートの目付量を増加させた試験体の結果 (A1245 試験体) も引用し、曲げ補強シートの破断抑制効果を比較検討することとした。また、表には本実験に用いた各試験体のコンクリート強度および主鉄筋の降伏強度も併せて示している。静的計算曲げ耐力とせん断耐力は、コンクリート標準示方書⁽⁴⁾に準拠し、前述の材料強度を用いて算出した。曲げ耐力は AFRP シートとコンクリートの完全付着を仮定し、断面分割法によって梁上縁が圧縮破壊 (終局圧縮ひずみ $3,500 \mu$) に至った時点を終局として算定した。せん断耐力は、シートの補強効果を考慮せずに算出した。なお、表中の実測落下高さは、重錘の実測衝突速度から自由落下高さを評価して求めている。

図 1 には、試験体の形状寸法と配筋および補強状況を示している。本実験に用いた試験体の形状寸法 (梁幅×梁高×スパン長) は $200 \times 250 \times 3,000$ mm であり、軸方向鉄筋は上下端にそれぞれ D19 を各 2 本配置し、梁の端面に設置した厚さ 9 mm の定着鋼板に溶接している。また、せん断補強筋には D10 を用い、100 mm 間隔で配筋している。AFRP シートは、梁底面の補強範囲にブラスト処理を施し、エポキシ系プライマーを塗布して指触乾燥状態であることを確認の後、エポキシ系含浸接着樹脂を用いて接着を行っている。

表 2 AFRP シートの力学的特性値

目付量 (g/m ²)	保証耐力 (kN/m)	設計厚 (mm)	引張強度 (GPa)	弾性係数 (GPa)	破断ひずみ (%)
415	600	0.286	2.10	188	1.8
830	1,200	0.572			

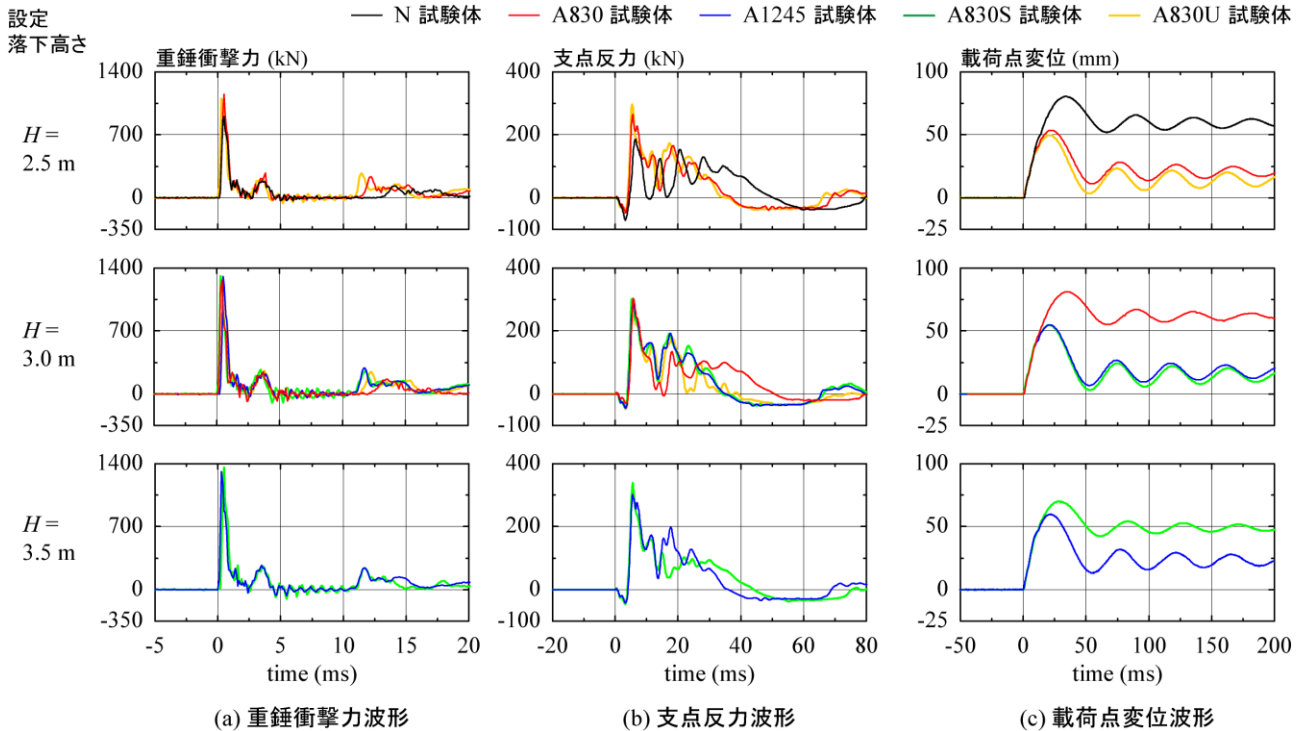


図 2 重錘衝撃力, 支点反力および载荷点変位に関する時刻歴応答波形

また、A1245 試験体の場合には、目付量 415 および 830 g/m² のシートを重ねて接着し補強した。A830S 試験体の場合には、曲げ補強シートを接着した後、目付量 415 g/m² の AFRP シートを梁両側面に軸方向に接着した。A830U 試験体の場合には、曲げ補強シートを接着した後、目付量 415 g/m² の AFRP シートを梁両側面と底面に巻き付けて U 字型に接着した。なお、養生は気温が 20 ℃ 程度の環境で 7 日間以上行った。表 2 には、本実験に用いた AFRP シートの力学的特性値を示している。

重錘落下衝撃実験は、質量 300 kg、先端直径 200 mm の鋼製重錘を所定の高さから一度だけ落下させる単一载荷法により実施している。重錘落下位置はスパン中央部である。試験体の支点部は回転を許容し、浮き上がりを拘束するピン支持に近い構造となっている。なお、衝撃荷重载荷実験における重錘衝撃力および支点反力は、それぞれ重錘および支点治具に内蔵された衝撃荷重測定用ロードセルを用いて計測した。また、既往の研究成果^{(2),(5)}に基づき、重錘落下衝撃実験における梁の終局状態は、残留変位が梁のスパン長の 2 % に達した状態に至るか、またはシートが剥離もしくは破断した状態とした。

本実験の測定項目は、重錘衝撃力と合支点反力（以後、単に支点反力）、载荷点変位およびシート各点の軸方向ひずみであり、それぞれ、衝撃荷重測定用ロードセル、非接触式レーザ変位計および箔ひずみゲージ（検長 10 mm）を用いて測定した。これらのセンサーによる計測値は増幅器を介して、メモリレコーダにより一括収録した。また、実験時には、RC 梁のひび割れや FRP シートの剥離および破断状況を高速度カメラを用いて連続撮影した。高速度カメラのフレームレートは 2,000 枚/秒である。

3 実験結果

3.1 時刻歴応答波形

図 2 には、各種時刻歴応答波形を示している。図 2(a) より、重錘衝撃力波形は、補強の有無に関わらず類似の性状を示していることが分かる。すなわち、振幅が大きく継続時間（応答波形が励起してから零レベルに戻るまでの時間）が 2 ms 程度の第 1 波に、振幅の小さい第 2 波および第 3 波が後続する性状を示している。

図 2(b) より、支点反力波形は継続時間が 40～50 ms 程度の主波動に高周波成分が合成された波形性状を示していることが分かる。落下高さ $H=2.5$ m においては、A830/830U 試験体の主波動継続時間が N 試験体の場合よりも短い。これは、シート補強により RC 梁の曲げ剛性が向上したことによるものである。また、 $H=3.0$ m においては、A830 試験体の主波動継続時間が A1245/A830S/A830U 試験体の場合に比較して長い。これは、A830 試験体の場合には、後述するように経過時間 $t=10$ ms 程度においてシートが破断し、曲げ剛性が急激に低下したことによるものである。なお、A830U 試験体の場合も曲げ補強シートが破断し、載荷点近傍の U 字型補強シートも一部剥離しているが、シートの破断や剥離が部分的であったため主波動継続時間が A1245/A830S 試験体の場合とほぼ同等であったと考えられる。

$H=3.5$ m において、A1245 および A830S 試験体の結果を比較すると、A830S 試験体の主波動継続時間は A1245 試験体の場合に比べて長いことが分かる。これは、後述するように A830S 試験体の場合には、経過時間 $t=14$ ms 程度において曲げ補強シートが破断し、曲げ剛性が急激に低下したことによるものである。

図 2(c) より、載荷点変位波形は、いずれの試験体においても最大振幅を示す第 1 波が励起した後、減衰自由振動状態に至っていることが分かる。落下高さ $H=2.5$ m の場合には、A830/830U 試験体の最大変位が N 試験体よりも小さいことから、シート補強によって変形量の抑制効果が発揮されていることが分かる。 $H=3.0$ m の場合には、シート破断を生じた A830 試験体の変位が A1245/A830S 試験体よりも大きいことが分かる。なお、A830U 試験体の載荷点変位は、測定不良のため検討から除外している。これは、実験時において、レーザ式変位計から照射されるレーザの標点として U 字型補強シートに取り付けた L 字アングルが U 字型補強シートの剥離とともに移動したためである。 $H=3.5$ m の場合には、シート破断を生じた A830S 試験体の変位が A1245 試験体の場合よりも大きいことが分かる。

以上のことから、AFRP シート曲げ補強を施すことにより、衝撃荷重載荷時の変形量を抑制できることや、シート目付量の増加に伴ってその効果が大きくなることが明らかになった。また、側面補強や U 字型補強を併用することによっても、曲げ剛性の低下を抑制可能であることが明らかになった。

3.2 破壊性状

写真 1 には、実験終了後における各 RC 梁側面および底面に関する載荷点近傍のひび割れ性状を示している。なお、AFRP シートに記されている斜線部分は剥離領域を示している。また、A830U-H3.0 試験体に関しては、破壊後の写真ではひび割れやシート剥離の状況が把握しにくいことから、U 字型補強シート剥離前の高速度カメラ画像（経過時間 $t=8$ ms 時）も併せて示している。

写真より、設定落下高さ $H=2.5$ m の場合に注目すると、A830-H2.5 試験体の側面には斜めひび割れが約 45° の角度で発生しているのに対し、A830U-H2.5 試験体の場合は、U 字型補強シートに発生した斜めひび割れの角度が約 60° と大きくなり、曲げひび割れが狭い領域に集中的に発生するため、曲げひび割れが卓越するような性状を示していることが分かる。また、底面に注目すると、A830U-H2.5 試験体の方が A830-H2.5 試験体よりも曲げ補強シートの剥離範囲が小さくなっていることが分かる。これは、U 字型補強により曲げ補強シートの剥離が抑制されたことによるものと考えられる。

設定落下高さ $H=3.0$ m において、A830/830U-H3.0 試験体の場合には、曲げ補強シートの破断によって終局に至っていることが分かる。また、A830-H3.0 試験体の場合には、上縁コンクリートが著しく圧壊するとともに、斜めひび割れや曲げひび割れが大きく開口している。A830U-H3.0 試験体の場合に

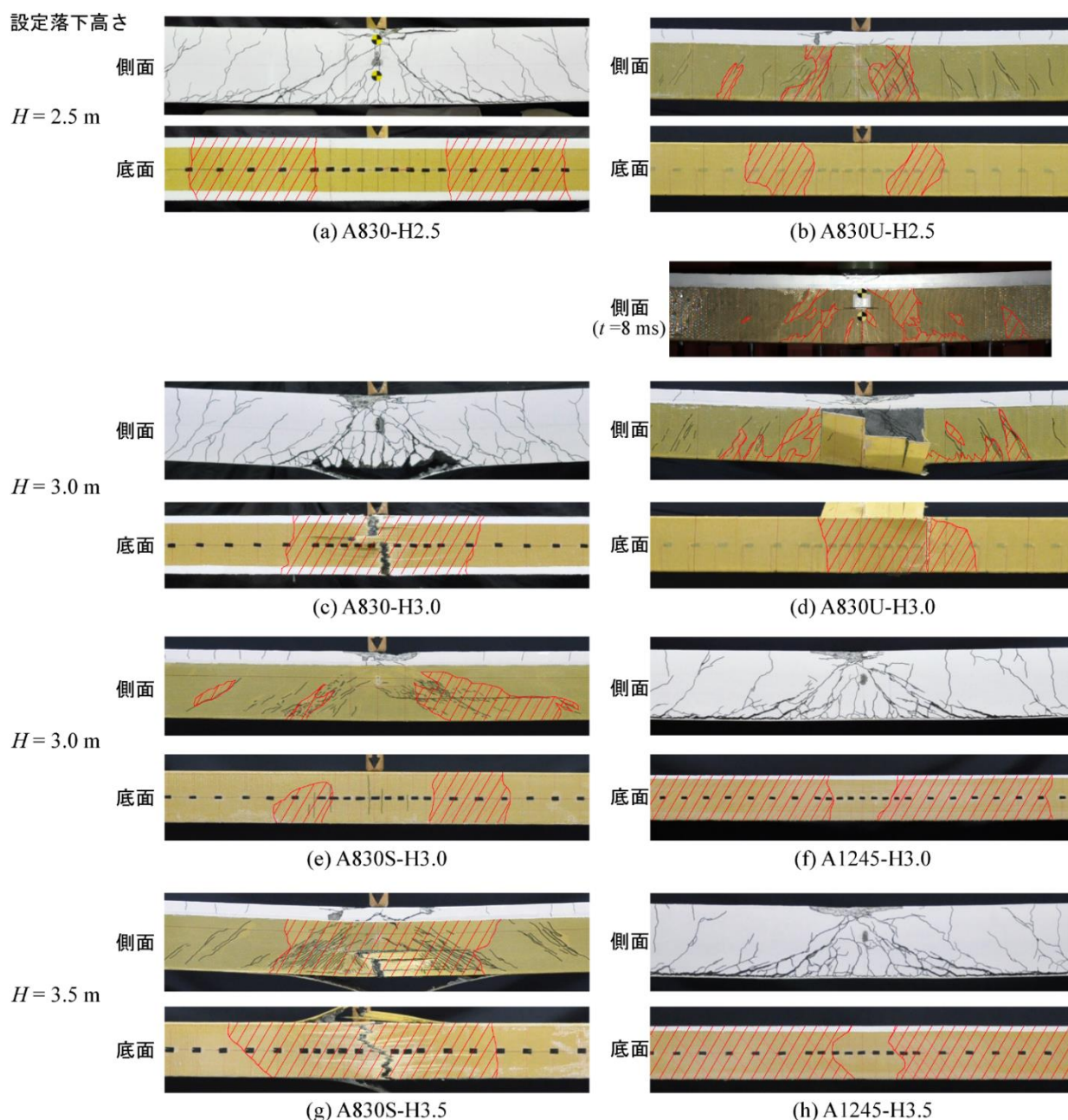
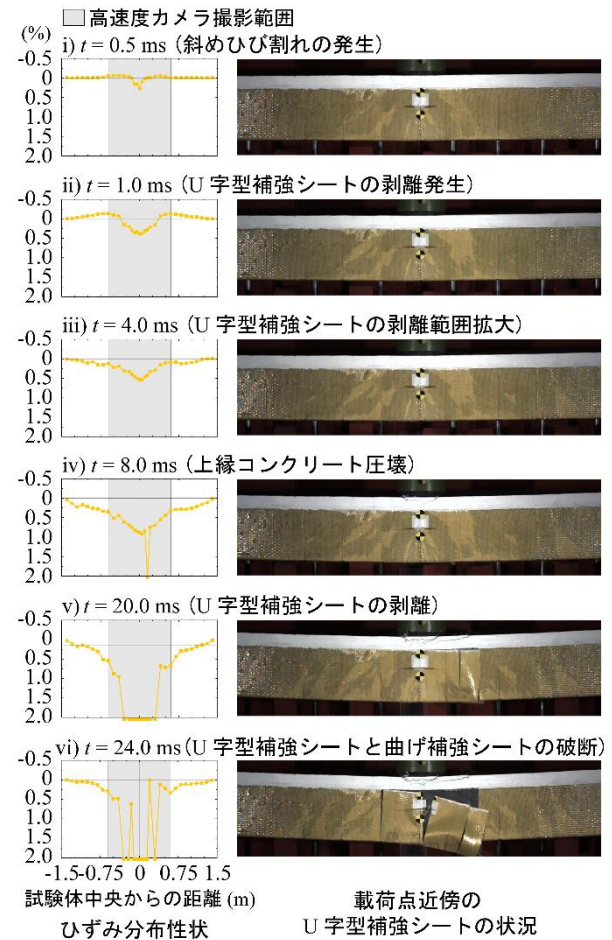
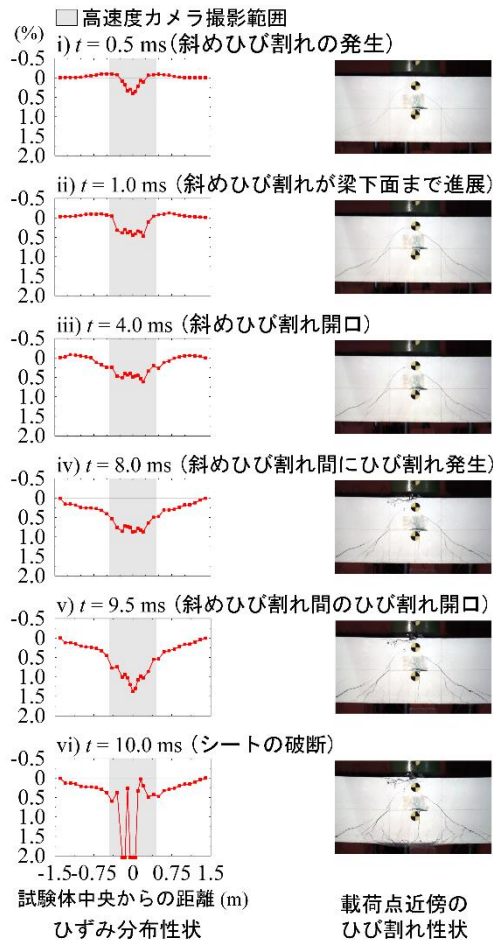


写真 1 実験終了後の載荷点近傍破壊状況

は、A830U-H2.5 試験体の場合と同様に、角度が 60° 程度の斜めひび割れが発生し、曲げが卓越するような性状を示した。また、最終的には、載荷点近傍において曲げ補強シートが破断するとともに、U 字型補強シートが全面的に剥離した。なお、U 字型補強シートの突き合わせ部が開口したことにより、曲げ補強シートの破断が助長された可能性があるものと考えられる。

A830S-H3.0 試験体の場合には、梁側面において A830U-H3.0 試験体の場合よりも角度が小さい斜めひび割れが発生し、特に右側せん断スパン内において広範囲に渡って側面補強シートが剥離している。なお、剥離範囲は底面の曲げ補強シートの方が側面補強シートの場合よりも小さい。A1245-H3.0 試験体の場合には、A830-H3.0 試験体の場合よりも斜めひび割れ角度が小さい。また、斜めひび割れの先端部においては、曲げ補強シートが部分的に剥離している。実験時には、これらの斜めひび割れ先端部がシートを下方に押し出して引き剥がすピーリング作用により、曲げ補強シートの部分剥離範囲が拡大したことを確認している。



設定落下高さ $H=3.5$ m の場合に注目すると、A830S-H3.5 試験体の側面補強シートには多数の斜めひび割れが発生しており、梁下縁部では側面補強シートが破断していることが分かる。また、底面の状況より、曲げ補強シートも破断していることが分かる。A1245-H3.5 試験体は、A1245-H3.0 試験体よりも上縁コンクリートの剥落領域や斜めひび割れの開口幅が大きい傾向にあるものの、概ね同様のひび割れ分布性状を示している。

以上のことから、U 字型補強を併用することにより、落下高さが低い場合には斜めひび割れやシートの剥離領域を抑制できることが明らかになった。また、側面補強を併用することで、曲げ補強シートの破断および剥離領域をある程度抑制できることが明らかになった。本論文においては、曲げ補強シートの目付量を増加させる方法が、曲げ補強シートの破断抑制に最も有効であることが明らかになった。

3.3 曲げ補強シートのひずみ分布と梁の損傷に関する経時変化

図 3、図 4、図 5 および図 6 には、それぞれ、A830/A830U/A830S/A1245-H3.0 試験体における曲げ補強シートの軸方向ひずみおよび側面ひび割れ性状の時刻歴推移状況を示している。図より、いずれの試験体も経過時間 $t=1.0$ ms まではほぼ同様の性状を示していることが分かる。すなわち、せん断ひび割れが荷点部から梁下縁まで進展するとともに、荷点点近傍において 0.5 % 程度の引張ひずみが発生し、その両支点側では圧縮ひずみが発生している。これは、重錘衝突により波動が梁全体に伝播する過程において、見かけ上の固定端が両支点側に推移する状況を示している。

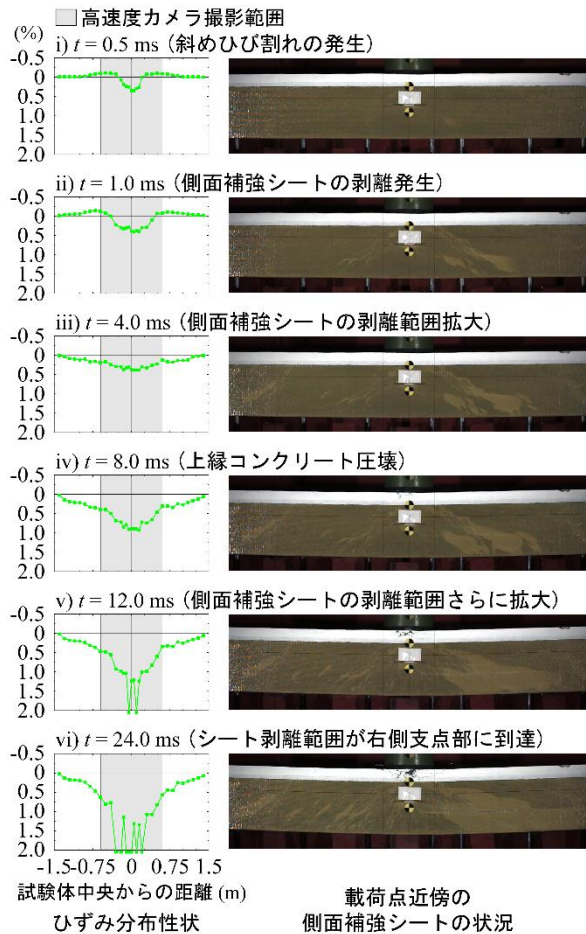


図5 A830S-H3.0 試験体のひずみ分布とひび割れ性状

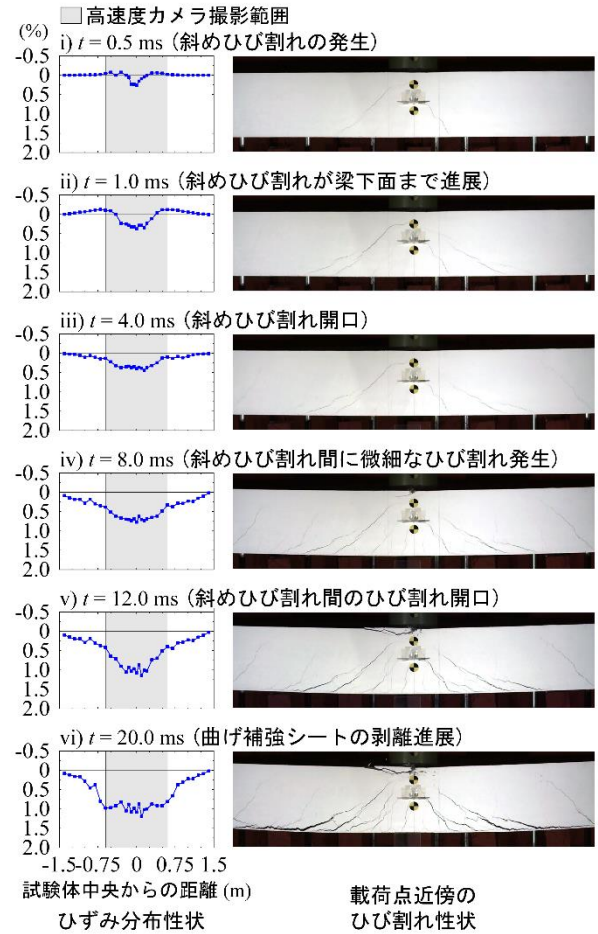


図6 A1245-H3.0 試験体のひずみ分布とひび割れ性状

経過時間 $t = 4.0$ ms および 8.0 ms では、A830-H3.0 試験体の場合には、荷点近傍のひずみがほぼ一定値を示す台形状のひずみ分布を示している。これは、写真からも分かるように斜めひび割れが開口し、それらのひび割れの間の領域に微細な曲げひび割れが発生したことによるものと考えられる。一方、A830U-H3.0 試験体の場合には、スパン中央部を頂点とする三角形のひずみ分布を示している。これは、U 字型補強により斜めひび割れの開口が抑制され、曲げひび割れが卓越する傾向を示したことによるものと判断される。また、写真より、荷点近傍において U 字型補強シートの剥離領域 (写真の薄黄色に変色した領域) が集中していることが分かる。

A830S/A1245-H3.0 試験体の場合には、 $t = 4.0$ ms および 8.0 ms において、共に荷点近傍を最大値とする滑らかなひずみ分布を示している。このことから、これらの試験体の場合には、曲げ補強シートのひずみ分布に顕著な影響を及ぼす明瞭なひび割れは発生していないものと推察される。また、A830S-H3.0 試験体の写真より、斜めひび割れの発生に伴う側面補強シートの剥離領域が広く支点側に進展していることが確認できる。

経過時間 $t = 8.0$ ms 以降においては、A830-H3.0 試験体の場合には、 $t = 9.5$ ms で曲げ補強シートが破断している。また、A830U-H3.0 試験体の場合には、 $t = 20$ ms 以降において U 字型補強シートと曲げ補強シートが破断している。なお、 $t = 20$ ms において、荷点近傍の複数点の曲げ補強シートのひずみが破断ひずみを超過していることより、曲げ補強シートが破断した後、荷点近傍の U 字型補強シートが剥離したのと考えられる。

A830S-H3.0 試験体の場合には、 $t = 12$ ms 以降において荷点近傍の曲げ補強シートひずみが増大し、一部で破断ひずみを超過するひずみが発生している。実験では曲げ補強シートの破断は見られなかった

ものの、極めて破断に近い状況に至っていたものと推察される。また、側面補強シートは、右側せん断スパン内において広範囲に渡って剥離していることから、側面補強シートによる曲げ補強効果は大きく低下しているものと考えられる。

A1245-H3.0 試験体の場合には、 $t = 12 \text{ ms}$ 時点で載荷点近傍の曲げ補強シートひずみが増大するものの、その後、 $t = 20 \text{ ms}$ において、大きなひずみの発生範囲が両支点側に進展している。そのため、破断ひずみを超過するひずみは全く発生していない。これは、写真から分かるように、曲げ補強シートが部分的に剥離し、その範囲が両支点側に進展したことによるものと推察される。

このように、設定落下高さ $H = 3.0 \text{ m}$ においては、A830-H3.0 試験体の場合には曲げ補強シートが破断したのに対し、側面補強法を併用した A830S-H3.0 試験体および曲げ補強シート目付量を増加させた A1245-H3.0 試験体の場合には、曲げ補強シートの破断が抑制されたことが明らかになった。また、U 字型補強を併用した A830U-H3.0 試験体の場合には、斜めひび割れの抑制効果は確認できたものの、曲げ補強シートの破断を抑制するには至らなかった。

以上のことから、本実験の範囲内においては、曲げ補強シートの破断抑制法として最も有効なのは曲げ補強シートの目付量を増加させる方法であり、次が側面補強法を併用する方法であった。U 字型補強を併用する方法は曲げ補強シートの部分剥離抑制効果は見られたものの、シートの破断抑制効果を発揮するには至らなかった。

4 まとめ

本研究では、AFRP シートを用いて曲げ補強した RC 梁のシート破断抑制策を提案することを目的に、斜めひび割れや曲げひび割れの開口を抑制する方法として、梁両側面に軸方向に AFRP シートを接着する側面補強法や梁両側面と底面に AFRP シートを U 字型に巻き付ける U 字型補強法を提案し、RC 梁の衝撃荷重載荷実験により提案補強法の効果を検討した。また、側面補強法および U 字型補強法による破断抑制効果と曲げ補強シートの目付量増加による効果との差異を比較検討するため、高目付量の AFRP シートを用いた実験結果も用いて検討した。本実験の範囲内で得られた結果を整理すると以下のとおりである。

- (1) 側面補強法を適用することにより AFRP シート曲げ補強 RC 梁の衝撃荷重載荷時におけるシートの破断を抑制可能である。ただし、曲げ補強シートの目付量を増加する場合の方がその効果は大きい。
- (2) U 字型補強法を適用する場合には、梁の斜めひび割れや曲げ補強シートの剥離を抑制可能であるものの、曲げ補強シートの破断を抑制する効果は低い。
- (3) 曲げ補強シートの目付量を増加することによりシートの破断が抑制されるものの、シートは広範囲に渡って剥離する傾向を示す。

参考文献

- (1) 今野久志, 西弘明, 栗橋祐介, 岸徳光, AFRP シート接着補強による損傷 RC 梁の耐衝撃挙動, コンクリート工学年次論文集, vol. 35, 2013.7, p. 721-726.
- (2) 三上浩, 今野久志, 栗橋祐介, 岸徳光, AFRP シート曲げ補強 RC 梁の耐衝撃挙動に及ぼすシート目付量の影響, コンクリート工学年次論文集, vol. 36, 2014.7, p. 523-528.
- (3) 佐藤元彦, 栗橋祐介, 三上浩, 岸徳光, AFRP および PFRP シートで曲げ補強した RC 梁の重錘落下衝撃実験, コンクリート工学年次論文集, vol. 37, no. 2, 2015.7, p. 1153-1158.
- (4) 土木学会, コンクリート標準示方書[設計編], 2012 年制定.
- (5) 岸徳光, 三上浩, 衝撃荷重載荷時に曲げ破壊が卓越する RC 梁の性能照査型耐衝撃設計法に関する一提案, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.53A, 2007.3, p. 1251-1260.

数値解析による既存杭の残置条件が新設杭基礎の 基礎入力動に及ぼす影響の検討

永井 宏^{*1}

Numerical Analysis of Effects of Configuration of Old Piles Left Underground on Foundation Input Motion of Pile Foundation

Hiroshi NAGAI

(原稿受付日 平成 28 年 11 月 10 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

In this study, a numerical analysis is performed to determine the foundation input motion during an earthquake for new pile foundations in the case where old piles have been left underground. The analysis is carried out with the aim of revealing the influences of the diameter, number, layout and depth of pile head of the unused old piles on the foundation input motion. The results indicate that when the diameter of the existing piles is large, and the new pile foundation is constructed in close proximity to them, the foundation input motion is larger than in the case where there are no existing piles by frequency. Furthermore, when the existing piles have a non-uniform layout, twisting of the new foundation can occur.

Keywords: Existing pile, Pile foundation, Foundation input motion, Numerical analysis, Thin layered element method

1 はじめに

地球温暖化や産業廃棄物の削減といった環境問題に対して、建設ストックの再生利用・再資源化が求められ、基礎構造の分野では既存基礎・既存杭の利活用が注目されている^{(1)・(2)}。通常、基礎は地中に埋設されているため、特殊な条件下以外では上部構造物に使用されている部材よりもコンクリートの中硬化など材料の劣化は遅いと報告されている。そのため、既存基礎の利用は、工期短縮、コスト削減、

^{*1} 室蘭工業大学 暮らし環境系領域

建設廃棄物や施工に伴う CO₂ の排出など環境負荷の低減など経済面・環境面において有効性が高い。2000 年以降には既存杭の再利用に関する手引きやマニュアル等⁽³⁾⁻⁽⁵⁾が出版され、現在では超高層建物への利用事例^{例えば(6)-(8)}も報告されている。既存杭の健全性・耐久性に関する調査・診断技術の開発も進展しており、建設時の設計資料や施工記録の保管、施工時の品質管理が確保されていれば、杭の再利用化を図ることが可能となろう。老朽化した建物、オフィスの機能性の追加等による建替工事が増加すると予測されていることから、再利用の有用性は今後より一層高まると考えられる。

しかし、新設建物を設計する上で平面プラン上の柱位置関係や既存杭の水平耐力不足等の問題により再利用ができず、また杭解体・撤去に伴う近隣構造物や周辺地盤への影響防止等の観点から、地中にそのまま残置されるケースも想定される。

このような既存杭の残置（残置杭）に対して、既往の研究では残置杭が新規杭の鉛直支持力や水平抵抗に及ぼす影響を数値解析⁽⁹⁾⁻⁽¹¹⁾および模型実験⁽¹²⁾⁻⁽¹³⁾にて検討されている。また、残置杭が存在する地盤上に建てられた直接基礎の実建物に対する沈下計測⁽¹⁴⁾も行われている。しかし、地震時における地盤震動によって基礎に入力する地震動（基礎入力動）に対する検討は行われていない。周らの研究⁽¹⁵⁾によると、ソイルセメントコラムによる地盤改良は基礎入力動に影響を与え、直接基礎において入力損失効果が増大することが示されている。軟弱な地盤中に既存杭が引き抜かれず存置されれば地盤改良を施した状態に近く、地盤を締固める状況となるので基礎周辺地盤の変動が抑制され、基礎入力動が低減する効果があるとも考えられる。一方で、隣接する杭との間隔や配置によっては、地盤を介した波動の伝播により入力動が増大することも懸念される。

また、地盤震動による杭の変形は地震時杭応力の評価に重要である。杭基礎に対する既往の研究としては、建物－杭－地盤系の動的弾性解析より杭の地震時応力を建物の慣性力と地盤震動による応力に分けて検討した長谷川らの研究⁽¹⁶⁾、また遠心模型実験および数値解析にて液状化地盤における杭応力を検討した宮本らの研究⁽¹⁷⁾がある。しかし、これらは残置杭を有しない杭基礎での検討である。

そこで、本論文では地中に残置杭が存在した場合、新設建物における杭基礎の基礎入力動に及ぼす影響を解析的に検討する。解析法は、隣接杭間の動的相互作用を考慮するため既往の静的解析プログラム⁽¹⁸⁾に薄層法⁽¹⁹⁾⁻⁽²⁰⁾を導入して動的解析へと拡張を図った。3D-FEM との比較から本解析法との対応を確認した後、残置杭の直径や本数・配置が基礎入力動に及ぼす影響を検討する。なお、地盤震動は成層地盤において基盤面から垂直上方に伝わる SH 波の調和地動、また基礎はスラブの根入れがない杭基礎を対象とし、周波数応答解析にて基礎入力動を検討する。杭体および地盤は弾性を示す範囲とする。

2 解析方法

図 1 は本論文で用いた解析法の概念図であり、基礎－地盤系の運動方程式は次式で表される。

$$[M] \cdot \{u''\} + [C] \cdot \{u'\} + [K] \cdot \{u\} = \{F\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$: 基礎・地盤の質量、減衰、剛性マトリックス
 $\{u''\}$ 、 $\{u'\}$ 、 $\{u\}$: 基礎・地盤に生じる加速度、速度、変位ベクトル
 $\{F\}$: 基礎に作用する外力ベクトル

いま、基盤層に単位の調和地震動 ($u_{g0}=1 \cdot e^{i\omega t}$) が入力されたとき、自由地盤での地盤震動 u_g を次式で表す調和関数とすると、

$$u_g(t) = U_g(\omega) \cdot e^{i\omega t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

U_g : 地盤震動の複素振幅
 ω : 円振動数
 t : 時間
 i : 虚数

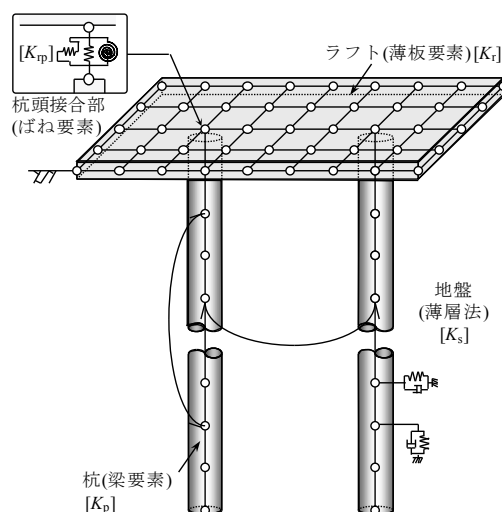


図 1 解析法概念図

このとき、基礎への作用外力はこの地盤震動に伴って杭に作用する地盤の強制変位外力であり次式で表される。なお、成層自由地盤での地盤震動は 1 次元の重複反射理論より求められる。

$$\{F\} = [K_s] \cdot \{u_g\} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$[K_s]$: 地盤の剛性マトリックス

基礎や地盤の材料構成モデルは、バネとダッシュポットを並列に繋いだ線形粘弾性モデル（Viogt モデル）を考えると、剛性は内部粘性減衰として履歴減衰を考慮した複素剛性にて表される。

$$K^* = i\omega C + K \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$= (1 + 2hi)K$$

K^* : 複素剛性（複素数）

K : 剛性（実数）

h : 減衰定数

また、基礎の応答も調和振動となるので、式(3)～式(4)より、式(1)は次式のようなになる。

$$[K^*] - \omega^2[M] \cdot \{U(\omega)\} = [K_s] \cdot \{U_g(\omega)\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、質量マトリックス $[M]$ は式(6)で表され、剛性マトリックス $[K^*]$ は式(7)のようにラフト、杭、ラフトー杭頭部間および地盤を構成する減衰を考慮した剛性マトリックスを結合することで最終的なラフト／杭／地盤を連成した複素剛性マトリックスが得られる。

$$[M] = [M_r] + [M_p] - [M_s^{ep}] \quad \dots\dots\dots (6)$$

$[M_r]$: ラフトの質量マトリックス（本論文では無質量）

$[M_p]$: 杭の質量マトリックス

$[M_s^{ep}]$: 杭体積分に相当する地盤の質量マトリックス

$$[K^*] = [K_r] + [K_p] + [K_{rp}] + [K_s] - [K_s^{ep}] \quad \dots\dots\dots (7)$$

$[K_r]$: ラフトの剛性マトリックス

$[K_p]$: 杭の剛性マトリックス

$[K_p]$: ラフトー杭頭部間の剛性マトリックス

$[K_s]$: 地盤の剛性マトリックス

$[K_s^{ep}]$: 杭体積分に相当する地盤の剛性マトリックス

$[K_r]$ および $[K_p]$ には、それぞれ有限要素法による薄板要素および梁要素を用いる。 $[K_p]$ は、ラフトと杭頭部間の接合条件に応じて軸力・せん断力・曲げモーメントを伝達する Winkler 型バネにより考慮する。また、 $[K_s]$ は薄層法の加振解⁽¹⁵⁾⁻⁽¹⁶⁾による変位影響マトリックスの逆マトリックスである。これにより地盤を介した動的相互作用を考慮する。なお、 $[K_s]$ は加力点と受振点の鉛直軸が一致する場合はリング加振解、それ以外の場合は点加振解を用いた。

本論文では式(5)を周波数応答解析して基礎入力動を算出する。また、基礎入力動は振動数領域での自由地盤面動（杭の振動の影響を受けず一次元で挙動する自由地盤面での動き） U_g に対する杭基礎面動 U_p の比 U_p/U_g として示す。なお、以降の図中に示される Abs、Real および Imag は、それぞれ U_g に対する U_p の絶対値（振幅比）、実部および虚部を表すものとする。

3 本解析法と 3D-FEM との比較

3.1 検討モデル

図 2 に検討モデルの条件、図 3 に杭の配置図を示す。検討モデルは新設建物が杭基礎で支持されるとし、杭の先端が基盤層まで到達する支持杭形式を設定した。杭配置の条件は、残置杭または新設杭がそれぞれ 1 本単独で単杭として存在するケース（残置杭、新設杭）、また残置杭を有しないケースとして 4x4 本の群杭（4x4）、残置杭を有する 4x4 本の群杭を 2 ケース（4x4-u9、4x4-u25）の計 5 ケースである。杭頭部の接合条件として、新設杭は基礎スラブに連結された剛接合（回転拘束）、残置杭は地中での埋設を想定して自由（非接続）とした。なお、基礎スラブは無質量の剛床と仮定し、残置杭の杭頭レベルは新設杭と同様に地表面とした。また、残置杭は施工時期が古いため一般に新設の基礎杭と材料の剛性や強度が異なることが予想されるが、ここでは残置杭の有無による影響が表現可能であるかに着目することとし、杭は全て同一の物性値を有する直径 1m のストレートな場所打ちコンクリート杭を想定した。

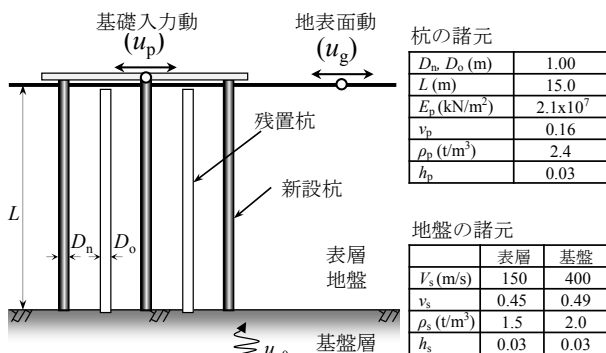


図 2 検討モデルの条件

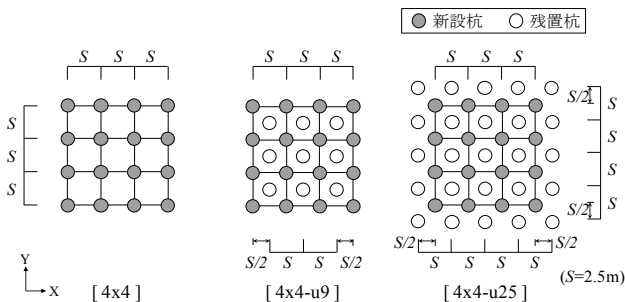


図 3 杭の配置図

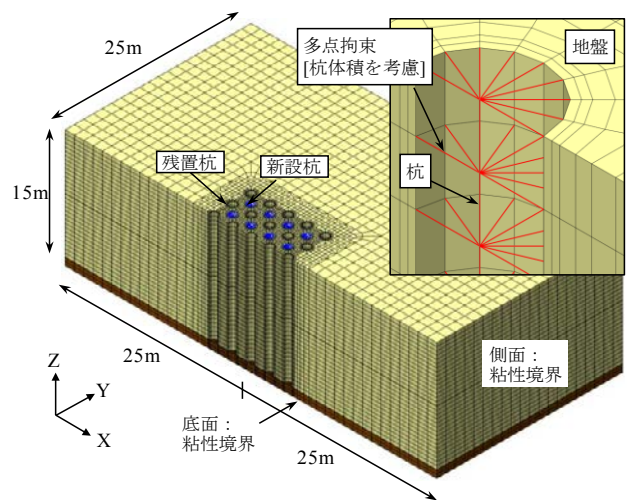


図 4 FEM 要素メッシュの例 (4x4-u25)

3.2 3D-FEM モデル

FEMには汎用解析コード *Soil Plus Dynamic* を用いた。図4にFEM要素メッシュの例(4x4-u25モデル)を示す。FEMではZX平面を対称面として全体の1/2の領域をモデル化している。地盤はソリッド要素、基礎スラブはシェル要素を用いた。杭は体積分のソリッド要素を排除し、杭材芯位置に軸方向・曲げ・せん断変形を考慮したビーム要素を配置して、杭節点と同一深度の杭外周に相当する地盤要素の節点とを多点拘束で連結した。基礎スラブは水平変位と鉛直変位(ロッキング変形角)を考慮した。また、解析対象領域である表層地盤からの逸散減衰に対して、側方の自由地盤および下方の基礎層下端との境界にそれぞれ粘性ダンパーを考慮した。なお、基礎入力動は、基礎層下端のX方向に単位の調和地震動($u_{g0}=1 \cdot e^{i\omega t}$)を作用させ、その振動数を $f=0 \sim 15\text{Hz}$ の範囲にて $\Delta f=2.5\text{Hz}$ の刻みで変化させ、周波数応答解析を行って計算した。

3.3 基礎入力動の比較

図5はFEM解析値(FEM)と本解析値(Cal)との基礎入力動の比較である。ここで、新設杭と残置杭のケースは1本単独で単杭として存在する場合であるため、基礎入力動には杭頭の位置での結果を示す。残置杭の有無に関わらず、本計算法の結果(Abs, Imag)は3D-FEMの結果と今回検討した振動数の範囲まで概ね対応している。なお、残置杭のケースは杭頭自由の条件であるため、 $f=12\text{Hz}$ 程度まで基礎入力動が $U_p/U_g \geq 1.0$ となっている。本解析法では隣接の新設杭間だけでなく、残置杭から新設杭への波動伝播の影響を考慮した基礎入力動を表現可能であることが分かる。また、残置杭を有する場合(4x4-u9, 4x4-u25)には新設杭のみの場合(4x4)と異なっており、基礎入力動に影響を及ぼすことが分かる。なお、基礎の水平変位のみを考慮した場合には基礎入力動の最大振幅が変動するが、1%以下であったことを確認している。これは本検討モデルが支持杭形式を想定しており、基礎の回転による影響が小さかったことに起因している。

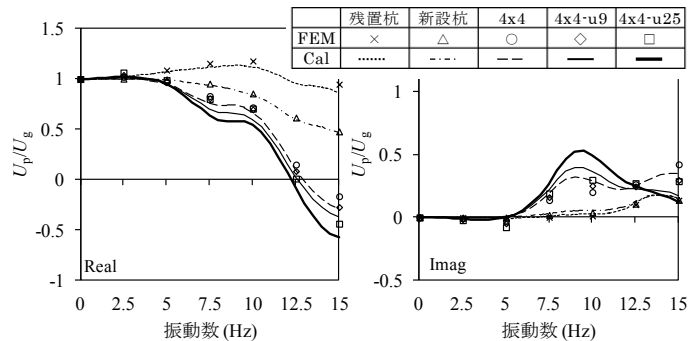


図5 解析法の適用性

4 残置杭と新設杭間の動的相互作用

4.1 検討モデル

次に、1本の残置杭からの波動の伝播によって1本の新設杭に及ぼす影響について基本的な特性(残置杭と新設杭間の動的相互作用)を明らかにするため、残置杭と新設杭を各1本、計2本の杭で検討した。検討因子は、表1に示す残置杭の直径(D_o)、残置杭と新設杭との杭中心間隔(S_x, S_y)、入力加振X軸方向に対する新設杭と残置杭とのなす角(θ)および残置杭の地表面からの杭頭深度(L_{ph})である。ここで、 $D_o=3.0\text{m}$ の残置杭は場所打ちコンクリート杭の変遷⁽²¹⁾を踏まえると現状では存在しないと考えられるが、現在は施工可能な杭径であり残置した場合にどの程度影響が生じるのか把握することを目的としている。なお、地盤や杭の物性は第3章と同一条件とし、新設杭は直径 $D_n=1\text{m}$ の場所打ちコンクリート杭とした。また、杭頭部の接合条件は第3章と同様に、新設杭は剛接合(回転拘束)、残置杭は自由(非接続)である。

4.2 隣接杭間の影響

まず、 $L_{ph}=0\text{m}$ として残置杭の直径、杭中心間隔および新設杭とのなす角の影響を検討する。図6は入力動 U_{g0} に対する基礎面 U_p の伝達関数、新設杭の基礎入力動であり残置杭の直径ごとに整理した。また、

表1 残置杭の配置条件

残置杭の直径 D_o (m)	0.5, 1.0, 2.0, 3.0
杭中心間隔 S_x, S_y (m)	2.5, 5, 7.5, 10
X軸とのなす角 θ (rad.)	0, $\pi/2$
杭頭深度 L_{ph} (m)	0, 3, 5, 10

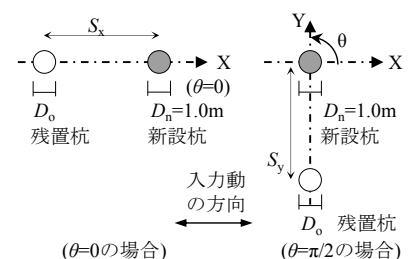


図 6(1)には自由地盤面 U_g 、図 6(2)には新設杭、残置杭それぞれ 1 本単独で存在した場合の杭頭の位置での結果も併記した。 $D_o=0.5\text{m}$ のモデルは残置杭による影響がほぼ見られない。 $D_o=1.0\text{m}$ のモデルでは $f \geq 10\text{Hz}$ にて残置杭との隣接杭間隔が狭い場合ほど新設杭の基礎入力動に与える影響が大きくなっている。これに対して、新設杭よりも大口径の場合 ($D_o=2.0\text{m}$ 、 3.0m) では特定の振動数の範囲で新設杭のみの場合よりも基礎入力動が大きい ($|U_p/U_g| \geq 1.0$)。これは、以下に述べる残置杭と自由地盤との動きの差異が影響している。振動数 $f=0 \sim 5\text{Hz}$ では、新設杭の最大振幅比 $|U_p/U_g|_{\max}$ ($f=0 \sim 5\text{Hz}$ 、 $S_x=S_y=20\text{m}$ のブ

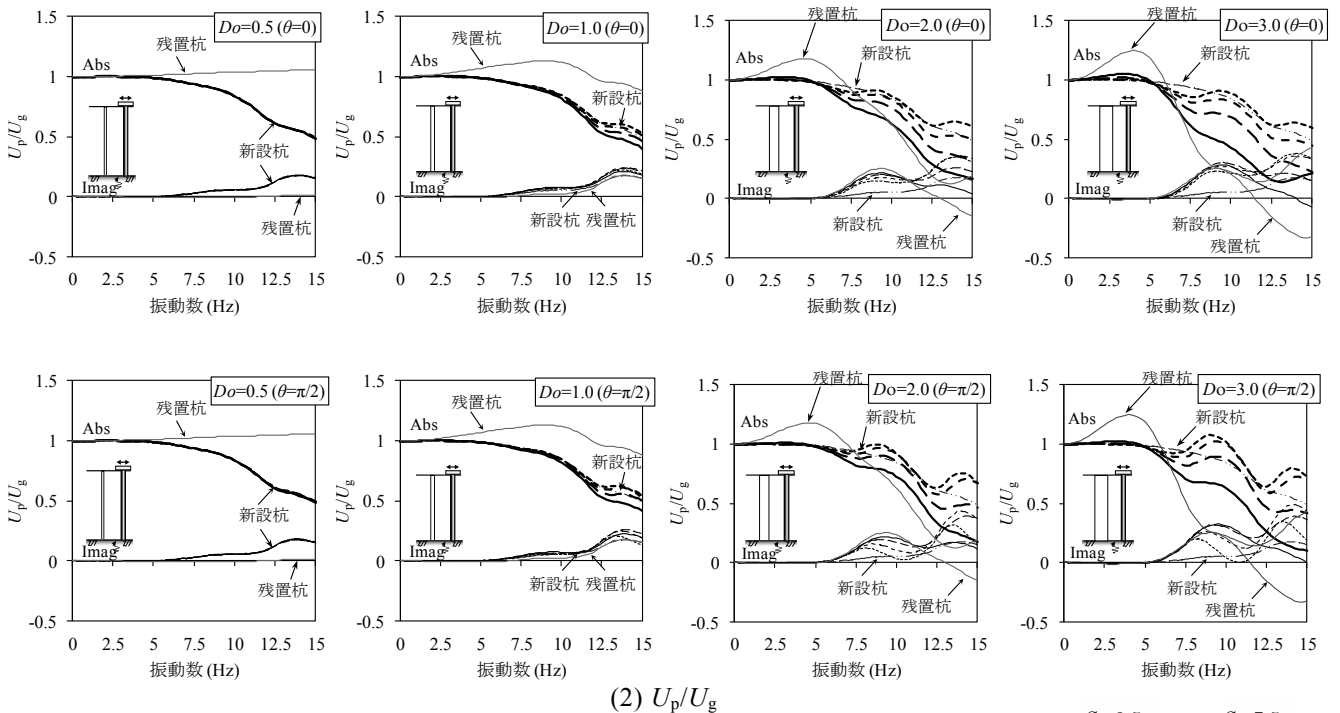
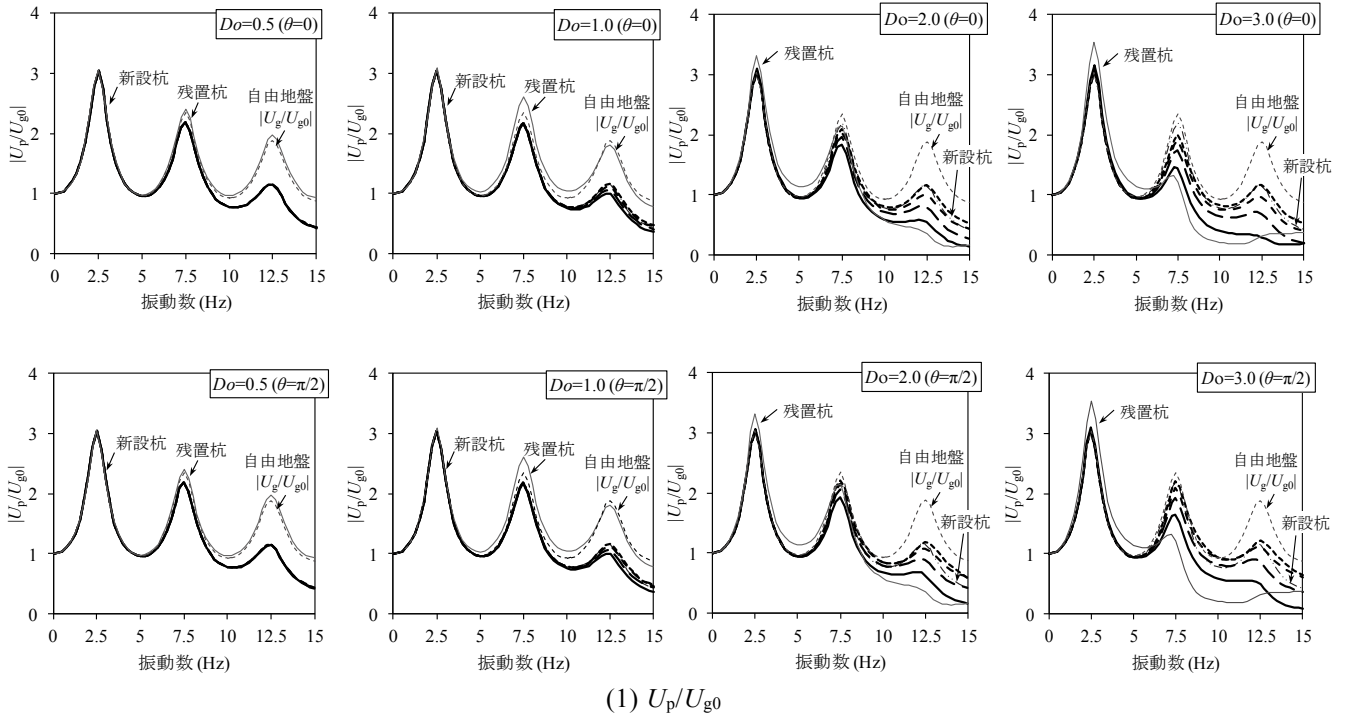


図 6 新設杭－残置杭の動的相互作用 (D_o 、 S 、 θ の影響)

— $S=2.5\text{m}$ --- $S=7.5\text{m}$
 --- $S=5.0\text{m}$ $S=10\text{m}$

ロットは新設杭のみの値)が図7のように $\theta=\pi/2$ (加振直交方向)よりも $\theta=0$ (加振方向)、また杭中心間隔が狭い方が増大している。加振方向の方が波動伝播速度は大きく、残置杭からの位相の変化が小さいため伝播波動が入力動の加算に寄与することを示唆する。一方、それ以降の振動数 $f=7.5\sim 10\text{Hz}$ では $\theta=\pi/2$ で杭中心間隔が大きい場合に基礎入力動が $U_p/U_g \geq 1.0$ となっている。これは残置杭の存在によって基礎面 U_p の伝達関数のピークが自由地盤の地表面 U_g よりも僅かに高振動数となり、 U_p がピークの谷間で U_g よりも大きな振幅となったためと言える。

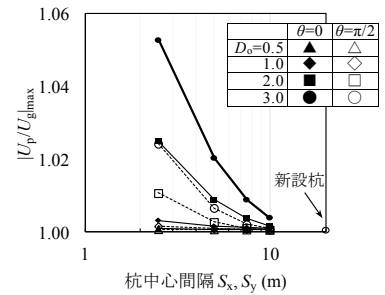


図7 基礎入力動の増幅

4.3 残置杭の杭頭深度による影響

前節より、新設杭よりも大口径の残置杭が配置される場合では、新設杭のみの場合より特定の振動数で基礎入力動が増大し、かつ $|U_p/U_g| \geq 1.0$ となるケースが見られた。そこで、次に残置杭の杭頭深度を地表面から下げたときの効果について検討する。

図8に基礎入力動への影響が大きかった $D_o=2.0\text{m}$ 、杭間隔 7.5m にて L_{ph} を 0m 、 3m 、 5m 、 10m (杭長の 0 、 $1/5$ 、 $1/3$ 、 $2/3$ 倍)としたときの伝達関数 U_p/U_{g0} 、基礎入力動 U_p/U_g を示す。 L_{ph} が大きくなる、すなわち杭頭深度が深くなるに伴い、残置杭から新設杭に伝播する波動の影響が小さくなるため、 U_p/U_{g0} は増大し新設杭のみのケースに近づく。このとき、残置杭の影響がほぼ 0 となるのは $L_{ph}=10\text{m}$ (杭長の $2/3$ 倍)であり、撤去する深度としては相当深いと言える。一方、 $L_{ph}=3\text{m}$ 、 5m のときには $f=7.5\sim 11\text{Hz}$ で $|U_p/U_g|$ が増大している。これは U_p/U_{g0} のピークが高振動数側にシフトすると共に入力損失が減少するためであり、既存杭を残置する際にはその杭頭深度に注意を要すると考える。

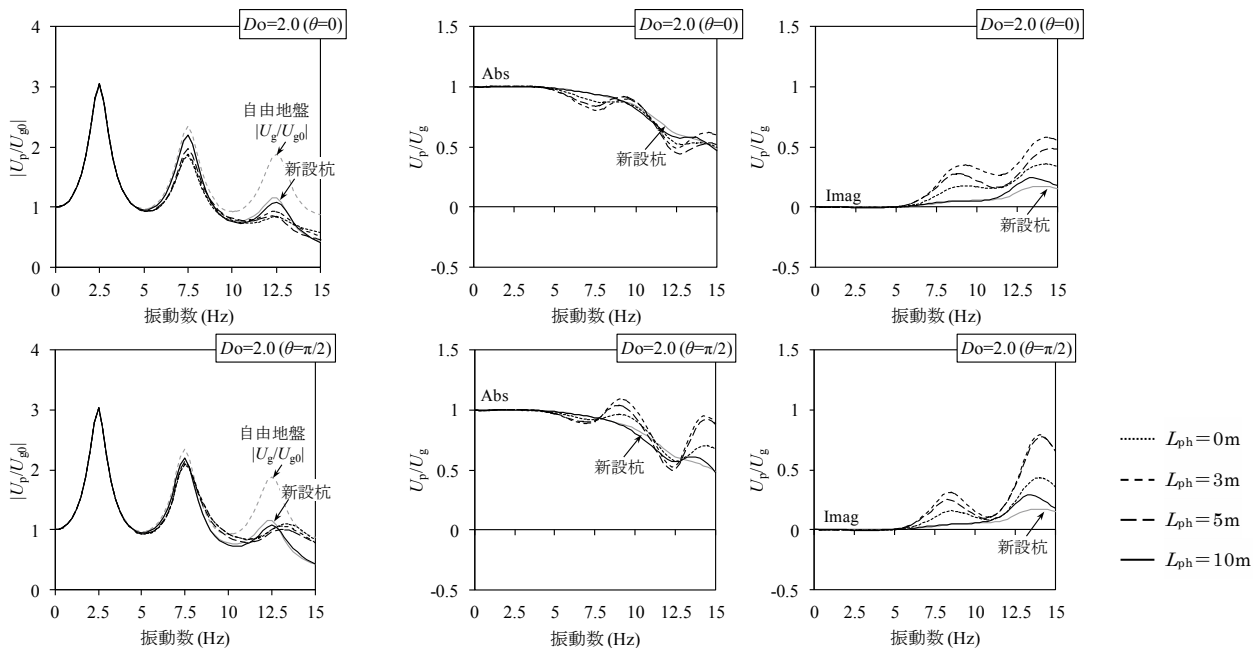


図8 新設杭－残置杭の動的相互作用 (L_{ph} の影響)

5 残置杭が新設杭基礎の基礎入力動へ及ぼす影響

5.1 検討モデル

新設杭は 4×4 本杭を対象とし、残置杭の直径が $D_o=1.0\text{m}$ 、 2.0m のケースにて残置杭の本数や配置が新設杭基礎の基礎入力動に及ぼす影響を検討する。地盤は第3章と同一条件とする。

図9に杭の配置図を示す。新設基礎の隣接杭間隔は $5D_n$ であり、 $D_o=2.0\text{m}$ のケースである。(1)は残置杭が均等配置、(2)は残置杭が不均等配置である。なお、基礎スラブは水平変位と鉛直変位(ロッキング変形角)を考慮する。

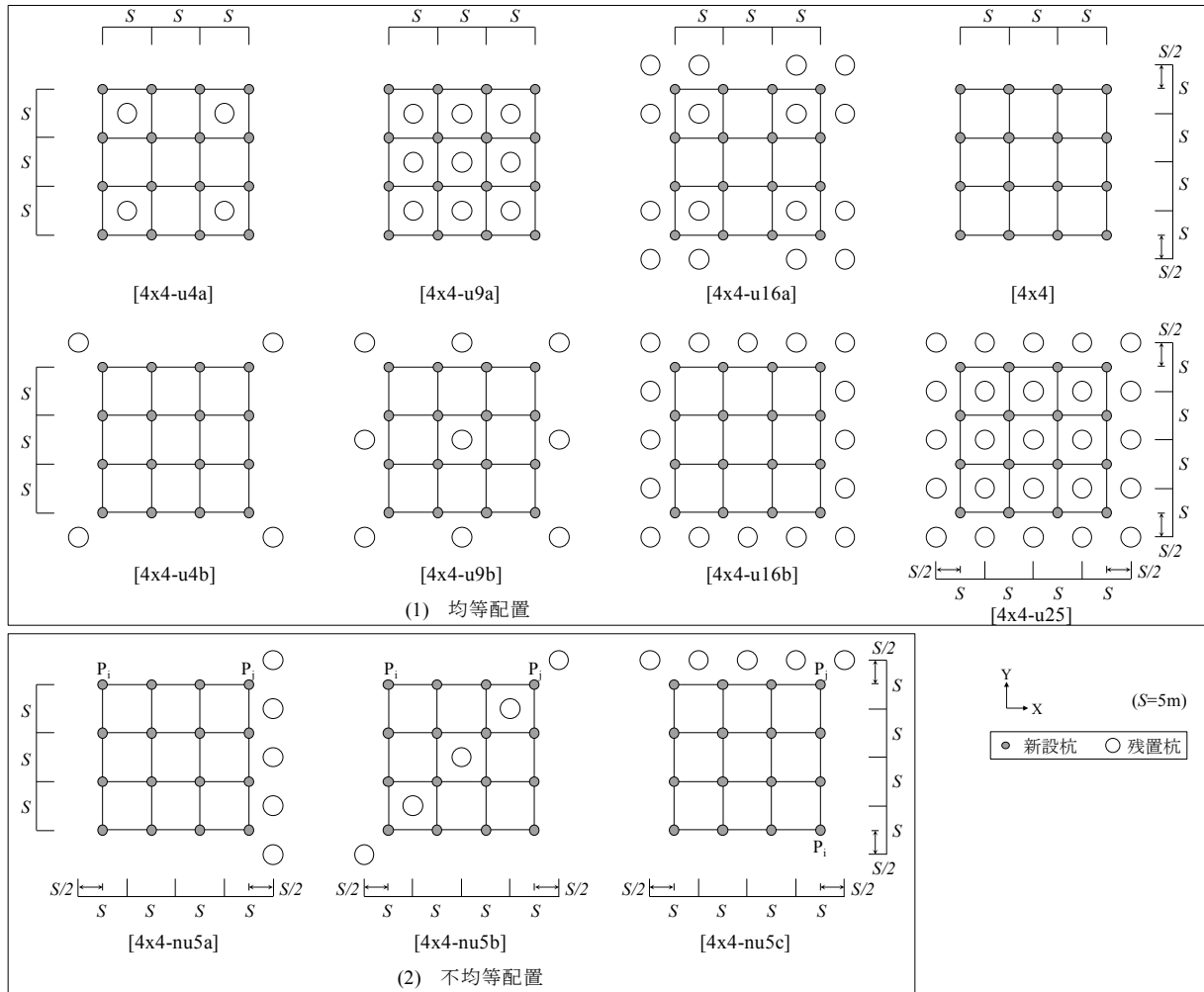
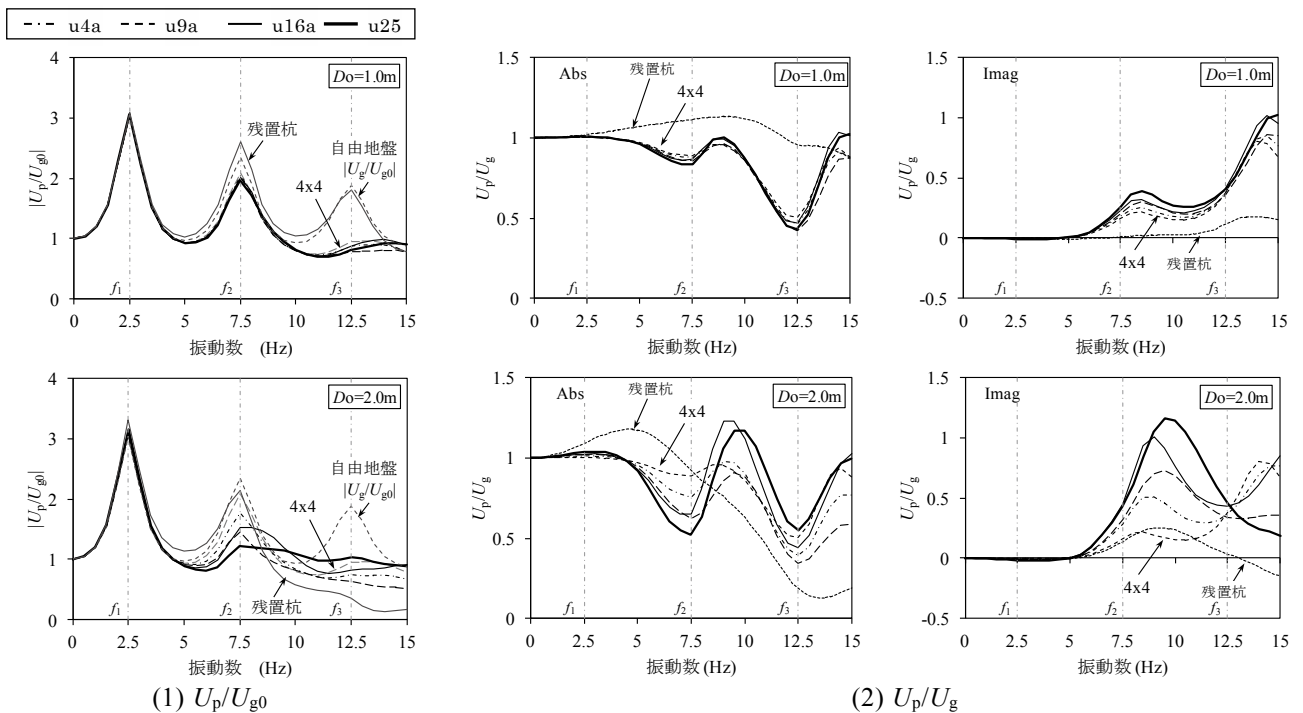
図9 杭の配置図 ($D_0=2.0\text{m}$ の場合)

図10 伝達関数, 基礎入力動 (本数の影響)

5.2 残置杭の本数・配置の影響

5.2.1 杭本数の影響

図 10 に残置杭が均等配置されたケース (4x4-u4a, 4x4-u9a, 4x4-u16a, 4x4-u25) での入力動 U_{g0} に対する基礎面 U_p の伝達関数、基礎入力動を示す。ここで、図 10(1)には自由地盤面 U_g 、図 10(2)には残置杭は 1 本単独で存在した場合の杭頭の位置での結果を併記した。また、 f_1 、 f_2 および f_3 は表層地盤の 1 次、2 次および 3 次の固有振動数を表す。

残置杭の本数が多いほど伝達関数 U_p/U_{g0} 、基礎入力動 U_p/U_g への影響が大きく現れており、 $D_0=2.0\text{m}$ でその傾向が顕著に見られる。地盤の 1 次固有振動数である $f=f_1=2.5\text{Hz}$ では残置杭からの位相の変化が小さいため伝播波動が入力動の加算に寄与するため新設杭のみの場合 (4x4) よりも基礎入力動が大きくなるのに対して、振動数 f_2 以降では伝達関数 U_p/U_{g0} のピークを示す振動数が高振動数へとシフトしたことで 4x4 よりも大きくなっている。ゆえに、振動数によっては新設杭のみの場合 (4x4) よりも基礎入力動が大きくなる振動数の範囲が存在することが分かる。 $D_0=2.0\text{m}$ における新設杭と残置杭が同数のケース (4x4-u16a) では、 $|U_p/U_g|$ は $f=2.5\text{Hz}$ 、 $f=9.5\text{Hz}$ にて 4x4 よりもそれぞれ約 2%、約 32%大きい。なお、振動数 $f=7.5\sim 10\text{Hz}$ では U_{g0} に対する U_p の伝達関数自体は小さいが、入力地震動がこの辺りの振動数成分を多く含む場合には注意を要する。

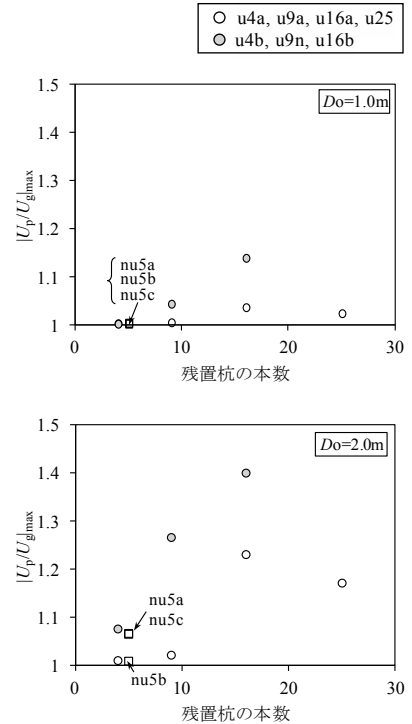


図 11 基礎入力動の増幅

図 11 に全てのケースにおける $f=0\sim 15\text{Hz}$ での新設杭の最大振幅比 $|U_p/U_g|_{\max}$ を示す。 $|U_p/U_g|_{\max}$ は 4x4-u25 よりも 4x4-u16a の方が大きい。これは、残置杭からの波動伝播によって 4.1 節で示した波動が重なり合い、4x4-u25 では振動数 f_2 以降の伝達関数 U_p/U_{g0} の増幅が抑制されたことを反映している。残置杭の本数だけでなく、その配置に依存すると言える。

5.2.2 杭配置の影響

図 12 に残置杭が同数で杭配置が異なるケースでの入力動 U_{g0} に対する基礎面 U_p の伝達関数、基礎入力動の比較を示す。ここで、図 12(1)には自由地盤面 U_g 、図 12(2)には新設杭のみのケース (4x4) も併記した。均等配置の場合では、残置杭が外側に配置されたケース (u4b, u16b) の方が内側に配置されたケース (u4a, u16a) よりも図 12(1)に示す $f=5\text{Hz}$ 以降の伝達関数 $|U_p/U_{g0}|$ のピーク振動数が新設杭のみ (4x4) よりも高振動数へシフトし、 $|U_p/U_{g0}|$ の値も大きいため、図 12(2)に示す $|U_p/U_g|$ の最大値が大きくなっている。これは、残置杭が内側よりも外側に配置されている方が基礎中央部との距離があるため新設杭の動きが拘束されないためである。また、不均等配置の場合でも基礎入力動は若干異なるが、基礎全体の平均水平変位への影響は小さい。この理由は杭頭が剛基礎スラブに連結されており、杭の変位が基礎全体で平均化されるためと考える。

不均等配置の場合、基礎の回転動は図 13 のように残置杭の配置によって大きく異なった。図 14 に基礎のロッキング動として、 P_i 、 P_j 位置 (図 9) の基礎の Z 方向変位を示す。4x4-nu5c では位置による相違はほぼないが、4x4-nu5a や 4x4-nu5b では異なっており、ロッキング動の回転軸が基礎中心を通る Y 軸からずれることになる。また、変位量は小さいが、残置杭がないケースよりもロッキング動が増大することが分かる。一方、4x4-nu5c では Z 軸回りのねじれが励起される。図 15 に式(8)で計算した Z 軸回りの回転角を示した。特に、 $D_0=2.0\text{m}$ では加振方向の基礎入力動が増大する $f=10.5\text{Hz}$ で大きくねじれが生じており、このとき加振直交方向の振動 V/U_g は加振方向の水平動 ($|U_i/U_g|=|U_j/U_g|=0.90$) に対して 0.20 倍程度に相当する。ゆえに、新設杭基礎の片側に大口径の既存杭を残置する場合には注意を要する。

$$|\theta_z| = \frac{|V_i - V_j|}{3S} \dots\dots\dots (8)$$

ここで、 V_i 、 V_j は P_i 、 P_j の加振直交方向の変位、 $3S$ は基礎の幅 (=15m)

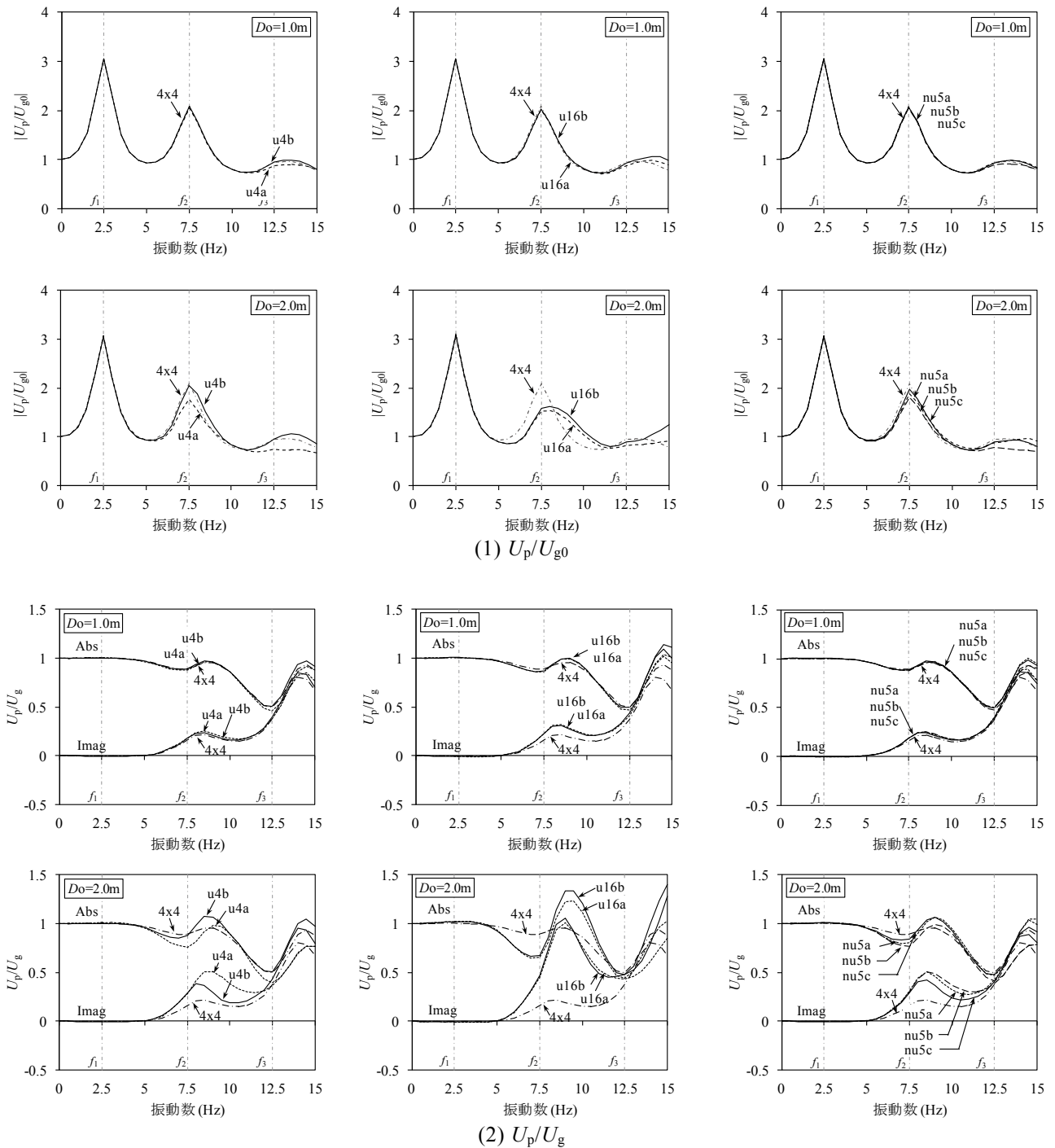


図 12 伝達関数，基礎入力動（配置の影響）

5.2.3 杭頭深度の影響

次に残置杭の杭頭深度を $L_{ph}=0m$ 、 $3m$ 、 $5m$ 、 $10m$ で変化させ、その影響を検討する。図 16 は均等配置である $4x4$ - $u16a$ において L_{ph} を変化させた時の基礎入力動の比較である。 $L_{ph}=10m$ では $4x4$ とほぼ等しく残置杭の影響を無視できると言えるが、 $L_{ph}=3m$ 、 $5m$ では $|U_p/U_g|$ が振動数 $f=8\sim 10Hz$ にて $L_{ph}=0m$ ($4x4$ - $u16a$) のケースを上回る。ゆえに、残置杭の杭頭深度が浅いと、特定の振動数領域では基礎入力動が増大することが示唆された。次に、不均等配置となる $4x4$ - $nu5c$ にて基礎の Z 軸回りのねじれに着目した。 θ_z を示した図 17 をみると、残置杭の杭頭深度が下がるにつれて基礎のねじれは減少するが、杭長の $1/3$ 程度を下げた ($L_{ph}=5m$) としても減少量は小さい。

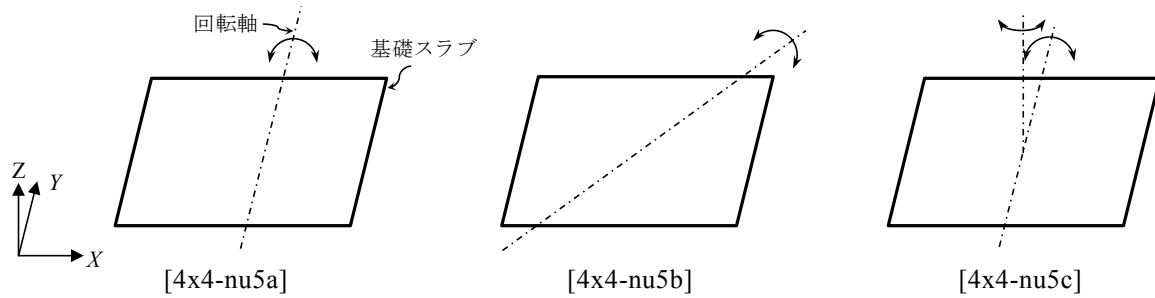


図 13 基礎のロッキング動の模式図

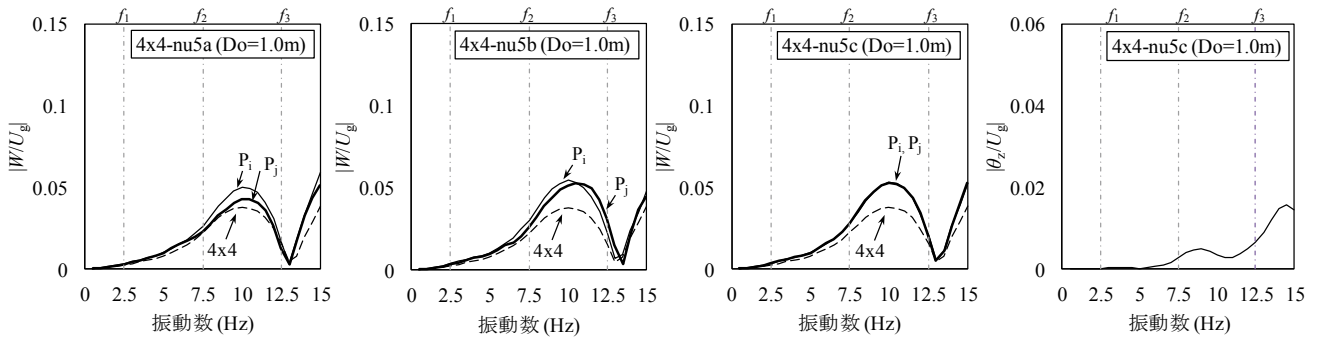


図 14 基礎のロッキング動 (Z 変位)

図 15 基礎のねじれ (Z 軸回り)

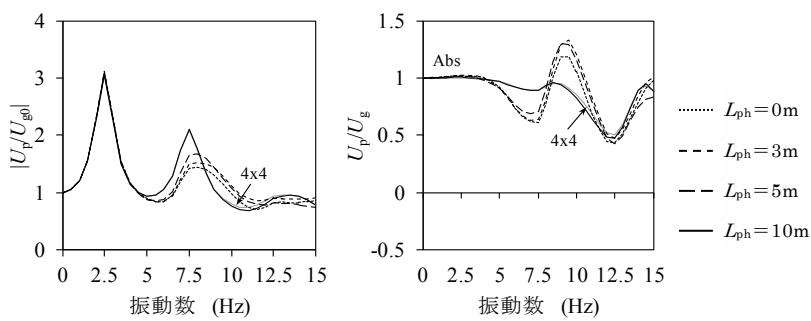
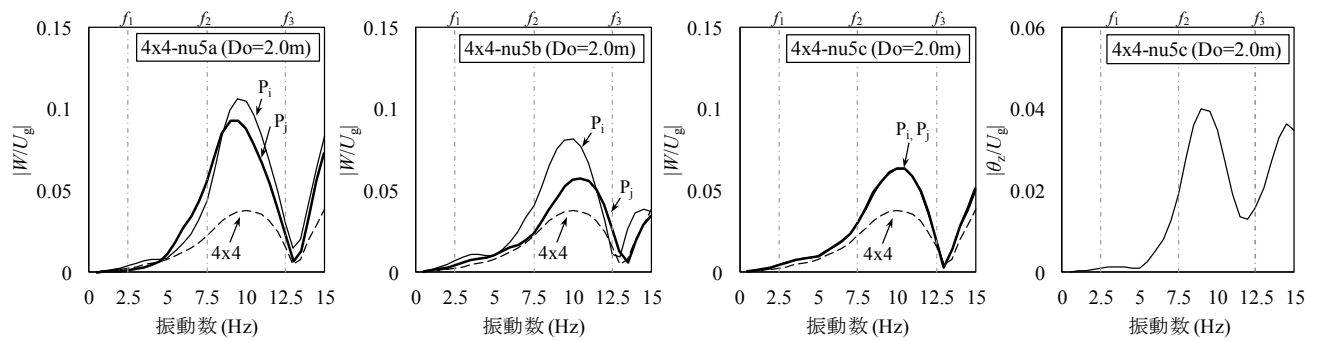


図 16 伝達関数, 基礎入力動 (L_{ph} の影響)

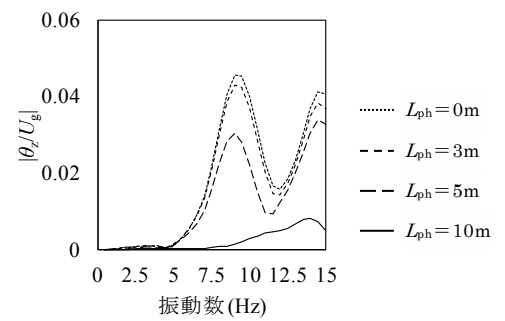


図 17 基礎のねじれ (L_{ph} の影響)

6 おわりに

本論文では地中の残置杭が新設杭基礎の基礎入力動に及ぼす影響を数値解析的に検討した。以下に得られた知見をまとめる。

- ①隣接杭間の影響は、残置杭が新設杭に近接する場合や大口径の場合の方が基礎入力動に及ぼす影響が大きい。

- ②残置杭を有する場合の基礎入力動への影響は、残置杭の本数が多いほど大きく現れる。また、特定の振動数領域では新設杭のみの場合よりも大きくなる場合がある。
- ③残置杭の配置が均等の場合、配置パターンが基礎入力動に及ぼす影響は新設杭の基礎スラブでの連結により基礎全体で振動が平均化されるため振動数が低い範囲では小さいが、振動数が高くなると残置杭が新設杭基礎の内側よりも外側に配置された方が大きい。
- ④残置杭の配置が不均等の場合、加振直交方向の基礎入力動も生じ、新設杭基礎にねじれが励起される。
- ⑤残置杭の杭頭深度が深くなるのに伴って新設杭の基礎入力動に及ぼす影響は小さくなる。しかし、残置杭の本数が多い場合、杭頭深度を十分に深くしないと特定の振動数で基礎入力動が増大することがある。

本論文で検討した解析は限られたケーススタディーであり、杭の諸条件（剛性、基礎の根入れ）や上下動入力による影響、地盤の層構成・不陸や非線形性に対する検討は今後の課題である。

謝辞

本論文を作成するにあたり、元室蘭工業大学大学院生の葛西勇紀氏には多くの解析的検討を行って頂きました。ここに記して謝意を表する。

文献

- (1) 総合土木研究所, 基礎工 特集 既存基礎の再利用技術, 2005, vol. 33, no. 4.
- (2) 総合土木研究所, 基礎工 特集 既存基礎の利活用, 2011, vol. 39, no. 2.
- (3) 建築業協会地盤基礎専門部会, 既存杭利用の手引き, 2003.
- (4) 構造法令研究会, 既存杭等再使用の設計マニュアル(案), 2008.
- (5) A.P. Butcher, J.J.M. Powell and H.D. Skinner, Reuse of Foundations for Urban Sites: A Best Practice Handbook, 2006.
- (6) Dinesh Patel, Sarah Glover, Jonathan Chew, Jenny Austin, The Pinnacle Tower – Geotechnical Challenges, International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, vol. 4, issue 1, 2010, p. 9-24.
- (7) 辻泰一, 角田光正, 宮田章, 超高層建築物における既存杭利用(その1) 既存杭利用の概要と構造設計, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2007, p. 565-566.
- (8) 河本慎一郎, 富田菜都美, 石崎定幸, 辰濃達, 渡邊徹, 長尾俊昌, 超高層建物における既存場所打ち杭再使用の事例 その1 設計概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2014, p. 429-430.
- (9) 宮田章, 地中に残置された既存杭が新設杭の鉛直支持力に及ぼす影響, 第39回地盤工学研究発表会講演集, 2004, p. 1501-1502.
- (10) 宮田章, 地中に残置された既存杭が新設杭の水平抵抗力に及ぼす影響, 第40回地盤工学研究発表会講演集, 2005, p. 1569-1570.
- (11) 田村修次, 足立圭佑, 肥田剛典, 林康裕, FEM解析による残置杭が新規杭の水平抵抗に及ぼす影響の検討, 第45回地盤工学研究発表会講演集, 2010, p. 1445-1446.
- (12) 田村修次, 樋口康仁, 足立圭佑, 林康裕, 山崎雅弘, 遠心載荷実験における残置杭が新規杭の鉛直支持力に及ぼす影響—新規杭の表面が滑らかなケースと粗いケースの比較—, 日本建築学会構造系論文集, vol. 74, no. 645, 2009, p. 2039-2044.
- (13) 勝二理智, 柏尚稔, 井上和歌子, 吹田啓一郎, 林康裕, 既存・新設複合杭基礎の水平抵抗機構に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, vol. 74, no. 644, 2009, p. 1751-1758.
- (14) 梅本浩一, 森高英夫, 石川明, 桂豊, 浅香美治, 福武毅芳, 既存杭が残存した地盤上に建てられた直接基礎建物の沈下挙動, 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-1, 2008, p. 679-680.
- (15) 周方圓, 護雅史, 福和伸夫, 改良地盤上に立地した免震建物の地震時応答性状に関する考察, 日本建築学会技術報告集, vol. 17, no. 36, 2011, p. 473-478.
- (16) 長谷川正幸, 中井正一, 杭の地震時応力とその評価法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, no. 432, 1992, p. 105-118.
- (17) 宮本裕司, 福岡篤信, 安達直人, 酒向裕司, 液状化地盤における杭基礎の地震時杭応力に関する研究 杭基礎の遠心模型実験と解析的検討, 日本建築学会構造系論文集, no. 482, 1996, p. 53-62.
- (18) 永井宏, 地震時の建物慣性力を受けるパイルド・ラフト基礎の非線形挙動に関する解析的研究, 舞鶴工業高等専門学校紀要, no. 44, 2009, p. 45-52.
- (19) 日本建築学会, 建築構造力学の最近の発展 —応力解析の考え方—, 1987, p. 850-876.
- (20) 日本建築学会, 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計, 2006, p. 311-326.
- (21) 福井次郎, 総説 場所打ちコンクリート杭の変遷と今後の課題, 基礎工, vol. 33, no. 2, 2005, p. 6-10.

Modeling of Concrete Mixed with Expansive Additives

Hyeonggil CHOI^{*1}, Yoshihiko KISHIMOTO^{*1} and Yukio HAMA^{*1}

(Received 10th November 2016, Accepted 10th February 2017)

Abstract

In this study, the Mechanical properties, volume changes and creep of concrete mixed with expansive additives, which is used as a countermeasure for cracking and shrinkage, were modeled and the model was verified. In addition, the generated stress was estimated using the modeled creep phenomenon to calculate changes in the stress under the restraint condition, thus allowing a comparison with experiment to verify the model's applicability and the validation of the stress prediction technique.

Keywords: Expansive additive, Modeling, Compressive strength, Elastic modulus, Volume change, Creep

1 INTRODUCTION

Cracks of concrete affect the structure's safety, usability, durability, and appearance, it is important to prevent their formation to ensure the longevity and required performance. Given this background, application of expansive additives has been demonstrated to be an effective means of reducing shrinkage and increasing crack resistance; thus, their application to construction projects is gradually becoming popular⁽¹⁾. In this study, we aimed to model the concrete mixed with expansive additives, and to suggest macro prediction of shrinkage-reduction behavior, as shown in Fig.1.

2 MODELING

2.1 Mechanical Property⁽²⁾

In hardened cement paste with an expansive additives, hydrates are generated owing to hydration between the cement and expansive additives; these hydrates then fill up the pores in the hardened cement. Consequently, a dense, compact structure is formed through the contact between the particles of the expansive additives and cement or that between the cement and particles of the expansive additives, leading to the manifestation of the strength and elastic modulus. Hence, in this study, modeling of the compressive strength and elastic modulus was performed based on the concept of mutual contact area of the particles, taking into consideration the extent of cohesion between the particles and the structure formation by the particles. The compressive strength of the material was modeled by considering the relationship between the porosity and the distributional probability of the weakest points, i.e., points that can lead to fracture, in the continuum. The approach used for modeling the elastic modulus considered the pore structure between the particles that are responsible for transmitting the tensile force and the state of compaction of the hydration products as described by the coefficient of effective radius.

^{*1} College of Environmental Technology, Muroran Institute of Technology

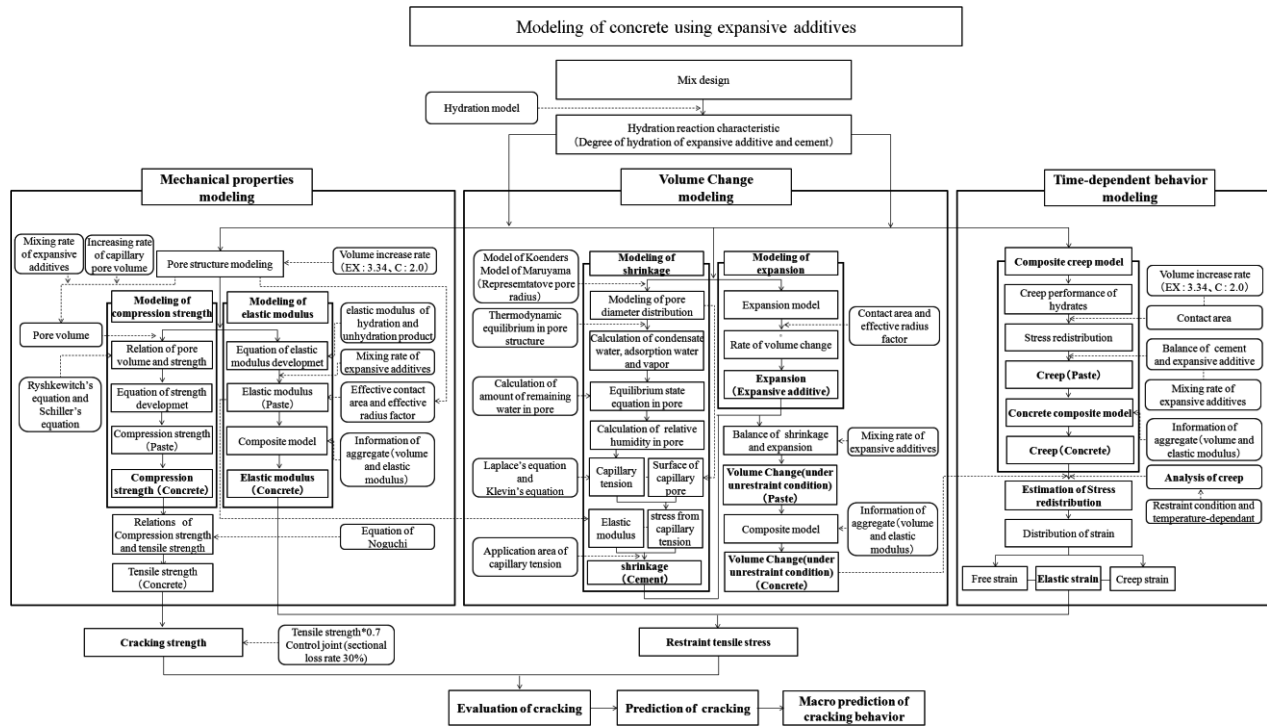


Fig.1 Flow of macro prediction of shrinkage-reduction behavior in concrete using expansive additives

2.2 Volume Change⁽³⁾

Volume changes of expansive paste are determined from the balance between the shrinkage of cement and the expansion of the additives. Therefore, volume changes were modeled by applying a balance to the hydrates of cement and the expansive additives. The shrinkage of cement was modeled by assuming that it is caused by capillary tension. This modeling was based on the behavior of the moisture inside the cement's pore structure, by taking into account the pore size distribution and the thermodynamic equilibrium state of the moisture. Using the concept of effective radius factor, the expansion of the expansive additives was modeled by considering the volume expansion of the additive particles caused by an increase in the outermost radius of particles of the hydration products that were formed at an early age.

2.3 Creep⁽⁴⁾

The creep phenomenon of hardened cement mixed with expansive additives was modeled by considering the creep performance of hydration products of cements and expansive additives under the assumption that the characteristics of hydration products of cements and expansive additives are fixed. A new composite model that is appropriate for particle conditions is proposed by considering the balance of the hydration products of cement and expansive additives and the stress redistribution phenomenon of hydration products newly generated by the progress of hydration.

3 VERIFICATION OF MODEL

3.1 Mechanical Properties

To verify Mechanical Properties model, it performed experiment; water-binder ratio is 0.50 with mixed 0, 5 and 10% expansive additives. Fig.2 and 3 shows the compressive strength and elastic modulus estimates found using the model and the values measured in an experiment. The figures also shows Morioka's and Hori's data⁽⁵⁾⁽⁶⁾. As shown in the figure, we confirmed that the compressive strength and elastic modulus estimates were positively correlated with the experiment values. For the elastic modulus of the concrete, its aging was confirmed to follow the estimate suggested in Hori's data⁽⁶⁾, indicating that the composite model can estimate the elastic modulus of concrete based on the behavior of the paste.

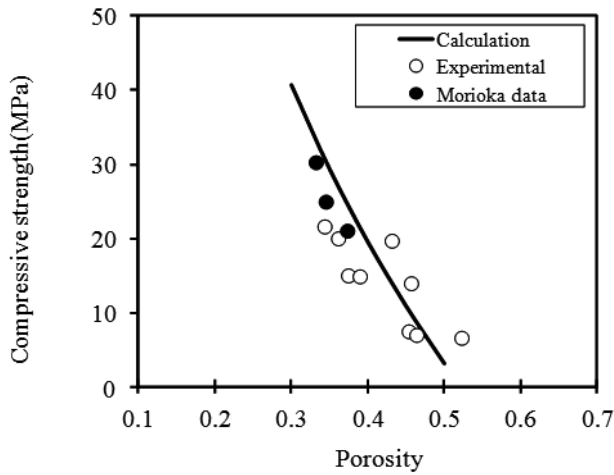


Fig.2 Compressive strength

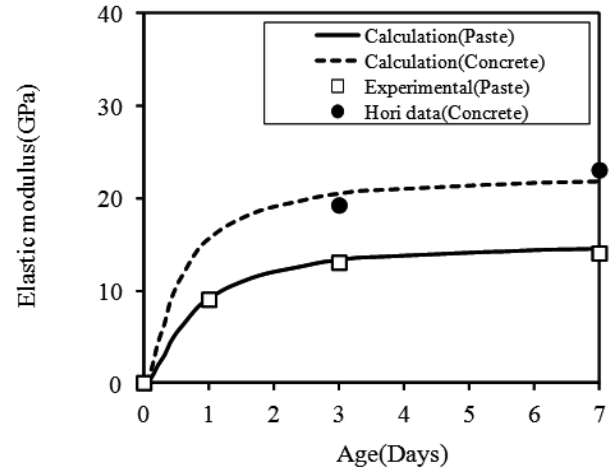


Fig.3 Elastic modulus

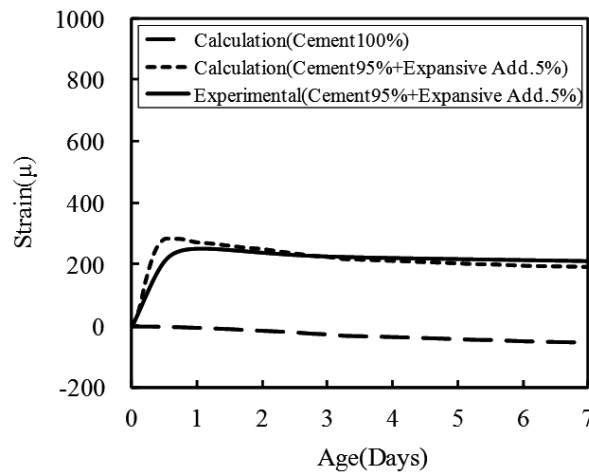


Fig.4 Volume changes

3.2 Volume Changes

Fig.4 shows the prediction results of the volume change of concrete and the results of each of the mixtures formed by mixing cement with 0%, 5% expansive additives at a W/C of 0.50. It also shows the actual measurement value for the mixture of cement with 5% expansive additives. The values predicted by the model were consistent with the measured values, which confirms the model's validity. In addition, the volume changes of concrete were estimated with sufficient accuracy by analyzing the behavior of the paste using a composite model of aggregate and paste.

3.3 Creep

Accumulated creep strain, calculated through the VRTM (variable restraint testing machine) test (quasi-fully restrained test)⁽⁶⁾, was used to verify the creep model as shown in Fig.5. The experimental work was performed on concrete mixed with a standard amount ($20\text{km}/\text{m}^3$) of ettringite-gypsum type expansive additives and normal concrete. Air-entraining and highrange water reducing agents were also used as chemical admixtures.

Fig.6 show the results of the accumulated creep strain obtained from the VRTM test and calculated by the creep model for normal and expansive concretes respectively. As shown in the figures, the model shows good predictability for both types of concrete.

The stress change in concretes at an early age under the restrained condition was estimated. The stress estimation was achieved through the calculation of the stress change by using the modelled creep phenomenon under the restrained condition. The estimated stress was compared and analysed with experimental results under the quasi-fully restrained condition to verify the model validity. The stress measured in the VRTM test and the estimated value of stress from the creep model are shown in Fig.7. As shown in the figures, good prediction of the generated stress can be achieved by analysing the creep phenomenon of free expansion and shrinkage strains under the fully restrained condition in both and expansive concretes.

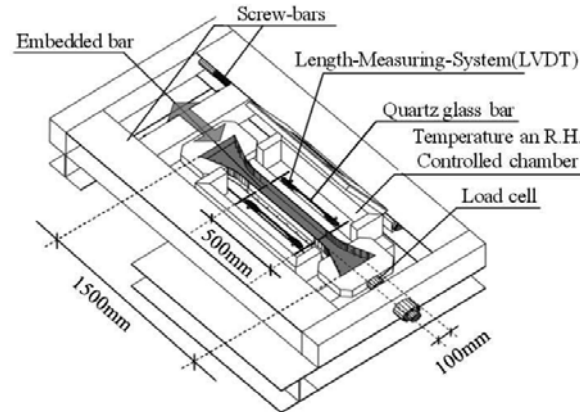
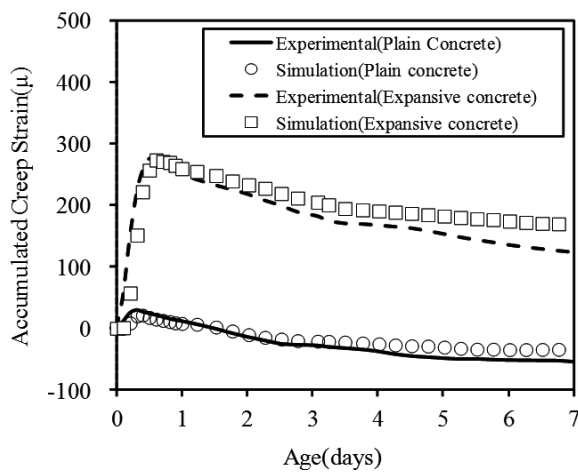
Fig.5 Quasi-fully restraint test (VRTM)⁽⁷⁾

Fig.6 Accumulated creep strain

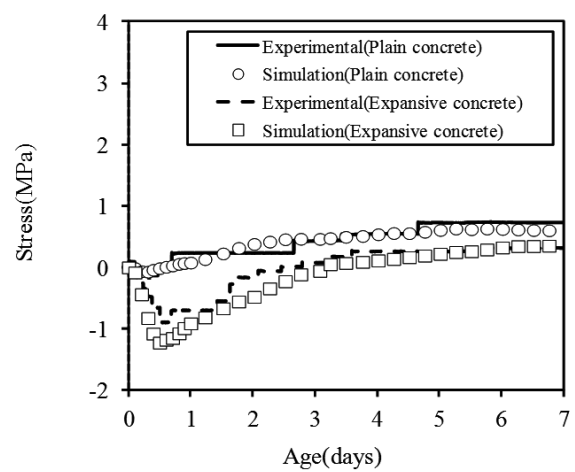


Fig.7 Generated stress

4 CONCLUSIONS

We modeled the mechanical properties, volume changes and creep of concrete mixed with expansive additives, and the model was verified. The values predicted by the model were consistent with the measured values, which confirms the model's validity.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP16K18181.

REFERENCES

- (1) Choi HG, Tsujino M, Noguchi T, Kitagaki R, Expansion/Contraction Behavior and Cracking Control Effect of Expansive Concrete in Building Structure (in Japanese), Proceedings of the Japan Concrete Institute 34(1), 2012, p. 424-429.
- (2) Hyeonggil Choi, Takahumi Noguchi, Modeling of Mechanical Properties of Concrete Mixed with Expansive Additive, International Journal of Concrete Structures and Materials, 9(4), 2015, p. 391-399.
- (3) Hyeonggil Choi, Heesup Choi, Myungkwan Lim, Takahumi Noguchi, Ryoma Kitagaki, Modeling of volume changes of concrete mixed with expansive additives, Construction and Building Materials, 75, 2015, p. 266-274.
- (4) Hyeonggil Choi, Myungkwan Lim, Heesup Choi, Takahumi Noguchi, Ryoma Kitagaki, Modeling of creep of concrete mixed with expansive additives, Magazine of Concrete Research, 67(7), 2015, p. 335-348.
- (5) Morioka M, Hagiwara H, Sakai E and Daimon M, Chemical Shrinkage and Autogenous Volume Change of Cement Paste with Expansive Additive (in Japanese), Proceedings of the Japan Concrete Institute, 21(2), 1999, p. 157-162.
- (6) Hori A, Tamaki T and Hagiwara H, Cracking Behavior of Expansive Concrete in Homoaxial Tension (in Japanese), Proceedings of the Japan Concrete Institute, 22(2), 2000, p. 511-516.
- (7) Maruyama I, Park SG and Noguchi T, Properties of high performance concrete in early age under quasi-complete restraint condition (in Japanese), Proceedings of the Japan Concrete Institute, 25(1), 2003, p.485-490.

学 術 論 文

渡島半島東岸部と西岸部における魚名方言語彙の比較

橋本 邦彦^{*1}

A Comparison Study on Dialectal Fish Names in the Eastern and Western Regions of the *Oshima* Peninsula

Kunihiko HASHIMOTO

(原稿受付日 平成 28 年 6 月 24 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

The purpose of this article is to classify dialect words related to fish names into two types of “Used” and “Not Used” from the viewpoint of comparison between the eastern region and western region of the *Oshima* Peninsula and to specify similarities and differences of their forms, meanings, referents, ways of use and some information to note. All the dialectal fish names are collected through the field-work in *Todohokke*, an area on the east coast, and in *Setana*, a town on the west coast of the peninsula. The comparison study will reveal what creates a variety of fish names in dialect and how they are produced.

Keywords : Fish names, Dialect, Comparison, Similarities, Differences, *Oshima* Peninsula

1 はじめに

本稿の主な目的は、渡島半島東岸部に位置する旧榎法華村（現在函館市）と西岸部のせたな町で調査した漁業関連方言語彙の中から魚の名称に関する語彙を採り上げ、使用状況を「使用する/使用していた」及び「使用しない/知らない」の二点から分類し、各語彙の指示対象や意味・用法、背景情報等の比較を行い、その共通点と相違点を特定することにある。また、この比較作業を通して、魚名方言語彙を生み出す要因とメカニズムを解明したい。

平成 26 年度科学研究補助金の交付による「渡島半島東岸部と西岸部における伝統的な漁業関連方言語彙の比較調査」（課題番号：26370523）に着手してからの 4 回に及ぶ調査で、漁具、漁法、魚加工、伝統

^{*1} 室蘭工業大学 ヒト文化系領域

行事、風・潮流などに関連する方言語彙が数多く収集された。特に、渡島半島西岸部のせたな町で実施された調査の中で、市場では広く流通していないものの、地元住民や漁師の間で以前から食されてきたもしくは食されていた魚の方言名と思われる語彙に相当数出会った。もちろん、採録された魚名の多くは、北海道の魚類を扱った図鑑や文献、市町村史で言及されているのであるが、注意して見ると、指示対象に異同や混乱が認められるほか、意味や用法に微妙なずれのあることが判明した。また、どの先行文献にも記述のない語の存在が明らかになったり、語の周辺にあるエピソード情報が調査協力者の記憶の底から呼び戻されてくる現場に立ち会う経験をした。そこで、魚の方言名称に調査対象を絞って、西岸部のせたな町と東岸部の旧榎法華村（現在函館市）双方での使用状況を調査し、共通点と相違点を特定し、その背後にある要因を明らかにする課題に取り組むこととなったのである。

実地調査は、下記の要領で行われた。

A. せたな町での実地調査

- 実施日：2014年9月4日、2015年2月26日、2016年2月27日
- 実施場所：西田栄氏宅（せたな町北檜山区新成）、大成郷土館（せたな町大成区）
- 調査協力者：西田栄氏（1925年生まれ；元漁師）、木村浩太郎氏（30代；学芸員）
- 調査者：塩谷亨、島田武、橋本邦彦（全員室蘭工業大学教員）
- 調査項目：漁具、漁法、魚加工、魚種、伝統的行事、風・潮等自然現象関連の語彙

B. 旧榎法華村での実地調査

- 実施日：2015年9月2~3日
- 実施場所：ガソリンスタンド事務室（函館市八幡町）、田中末廣氏宅（函館市富浦町）
- 調査協力者：小市光子氏（1942年生まれ；ガソリンスタンド経営）
田中末廣氏（1935年生まれ；漁師）
田中美枝子氏（1942年生まれ；漁師）
- 調査者：島田武、橋本邦彦、三村竜之（全員室蘭工業大学教員）
- 調査項目：漁具、漁法、魚加工、魚種関連の語彙

2014年9月と2015年2月のせたな町における調査で得られた語彙のうち、旧榎法華村で使用状況の確認されていないものを調査項目に載せて2015年9月に旧榎法華村で面談調査を実施した。その際に新たに調査協力者の口から言及された語彙を、今度はせたな町で確認すべく、2016年2月の調査を行った。幸い、平成23年度に採択された科学研究補助金「旧榎法華村における伝統的漁業・造船に関する語彙調査」（課題番号：23520540）の中での実地調査を通してかなりの数の漁業関連語彙が旧榎法華村において収集されていたので、これが本比較調査の基礎データとして大いに役立った。なお、この調査の研究成果の一部は、橋本(2012, 2013, 2014, 2015)、塩谷(2014)及び島田(2014)でまとめられ公刊されている。

本稿は以下で、魚の名称を、渡島半島東岸部の旧榎法華村と西岸部のせたな町で得られた調査結果を踏まえて、比較方言の視点から分析し考察していく。この研究により、橋本(2016a, b)が提案した3つの要因、すなわち生態的に条件づけられた要因、社会的に条件づけられた要因及び言語的に条件づけられた要因が、双方向的に作用し合って方言語彙が生み出される事実を明らかにしていきたい。

第2節は魚の方言語彙を、ホッケ、カジカ、イカナゴなどの魚種で語彙数の多い順に、指示対象、意味、用法等の詳細及び使用状況を見ていく。第3節では、第2節の結果の考察を行い、所見を述べる。第4節の結びにおいて、本研究の総括と今後の展望を提示する。

2 魚名称の方言語彙

澁澤(1959: 15-16)は魚名を一次的魚名と二次的魚名に分けて、各々、次のように定義した。

- 1) a. 一次的魚名：その昔、これらの魚名が付与された当時にはそれぞれ意味があったかもしれないが

現代においては特に豊富なる語源学及び方言学上の知識と正確なる音韻学的資料を用いずして
 ・ ・ ・ <中略> ・ ・ ・ これを分解しその意味を科学的に解釈しあつたもの。

例 タイ、ブリ、サバ、アジ、タラ、カジカなど。

- b. 二次的魚名：一次的魚名を土台として、各種の形容詞を前置して魚族の種類をさらに細かく類別したと見なさるべき魚名。

例 マダイ、チダイ、キダイ、ヘダイなど。

二次的魚名は一次的魚名と異なり、語の構成から命名の動機を知ることが可能である。澁澤(1959: 17)は、二つの命名要因を挙げている。

- 2) a. 自然状態の観察：魚類自体を観察して命名。棲息場所、形態、色彩、紋様、外見、習性・動作、発生音、魚体の部分の特徴、季節、成長度合、性別等。
 b. 社会的事象/他の事物よりの連想を基に命名。

魚名の方言語彙が関係するのは、まさしく二次的魚名において他ならない。ある特定の地域では何らかの理由である種族の魚を特によく認識しているために、その種類を細かく識別する傾向がある。澁澤(1959: 38)は、また、和学名と魚方言の違いを、次のように説明する。

- 3) a. 和学名：包括的魚名ではなく一種ごとに与えられた標準名である。種数とほぼ同数の和学名が示されており、しかもその間に重複した同魚名はない。一種一名である代わりに魚方言のごとき併称はないのが原則である。
 b. 魚方言：魚の種類に比べると魚方言を持つ種類の数はいくつも一種類の魚についての方言量が多い。魚方言を基として魚類を見れば無名の魚が多くて有名の魚には併称数が多い。
 <下線部、筆者による。>

せたな町と旧榎法華村の調査でも、下線部の記述を十分に敷衍するものであった。郷土の産業を扱った市町村史にも方言辞典にも記載のないような魚名称が見出されるばかりか、指示する対象魚に混乱があったり、名称が重複したりする事態が散見された。以下では、調査協力者の回答を中心として、先行研究・資料、特に、方言辞典や魚類図鑑、関連地域の市町村史等にも目配りして、魚名称方言 56 語彙についてできるだけ詳細な記述と解説を施すことにする。

2.1 ホッケ（和学名）の方言名称

ホッケに関わる名称は 10 を数える。

- (1) アオボッケ：ToD=NU/SeT=U^[1]：表層回遊期の 5cm～18cm までの幼魚。青緑色をしている。^[2]
 (2) オーボッケ：*ToD=U/SeT=U：大型のホッケのこと。
 #1ToD（田中）：ホッケの呼び名は、大きさに応じて、大、中、小をホッケに冠する。すなわち、ショーボッケ、チューボッケ等。
 #2 ToD（小市）：上記の名称は用いない。
 (3) タラボッケ：ToD=NU/SeT=NA：特大のホッケのこと。
 #ToD（田中）：トクダイボッケと言う。
 ■木村(1997: 178)：岩礁帯に定着するネボッケは、魚体の大きさから、中ボッケ<大ボッケ<タラボッケ<特大ボッケ/道楽ボッケという異なる名称を持つ。
 (4) チューボッケ：ToD=U/SeT=U：中型のホッケのこと。
 (5) ドーラクボッケ：ToD=NU/SeT=NU：特大のホッケのこと。
 ■木村(1979: 178)：60cm 大の丸々肥えたものを指す。
 (6) ネボッケ：*ToD=U/SeT=U：大きな型のホッケのこと。岩礁に棲みついでおり、回遊しない。
 #ToD：田中氏は用いると回答したが、小市氏は使用しないとのことである。
 (7) ハルボッケ：ToD=NU/SeT=U：春に漁獲されるホッケのこと。3～6 月頃獲れる 25cm 前後のもの。

☛1『北檜山町史』(1981: 418)

☛2 木村(1979: 178)

(8) ヒガンボッケ: ToD=NU/SeT=NU: 岩礁に定着して回遊しない大型のホッケのこと。ネボッケとも言う。Cf. (6)

☛『北檜山町史』(1981: 418)

(9) マキボッケ: *ToD=U/SeT=U: プランクトンを捕食するために海面に渦を巻いて集まるホッケの群れのこと。

#1 ToD (田中): 名称としては、マキボッケのみを使い、(7) ハルボッケは使用しない。4月頃、戸井沖で渦を巻いて群がっていたが、現在は獲れなくなった。

#2 ToD (小市): 使用しない。

☛木村(1979: 178): ハルボッケと同じものを指す。

(10) ローソクボッケ: ToD=U/SeT=U: 小さくて細い型のホッケのこと。

#ToD (田中): 細くて油がない。エビかごの餌に用いる。

☛石垣(1983: 352-353): ホッケ(アイナメ科)の小型のもの。大型のものをタラボッケ、中型のものをチューホッケと言う。

旧榎法華村とせたな町双方で使用の確認された語彙は5語である:(2)オーボッケ、(4)チューボッケ、(6)ネボッケ、(9)マキボッケ、(10)ローソクボッケ。旧榎法華村でのみ使用される語彙はゼロなのに対し、せたな町だけで用いられる語彙が2語ある:(1)アオボッケ、(7)ハルボッケ。旧榎法華村でもせたな町でも使われないか使用の未確認の語彙は3語である:(3)タラボッケ、(5)ドーラクボッケ、(8)ヒガンボッケ。特に興味深いのは、旧榎法華村の調査協力者の間で使用の有無が分かれるものが3語見出されることである:(2)オーボッケ、(6)ネボッケ、(9)マキボッケ。現役漁師の田中氏ご夫妻は「使用する」との回答であったが、幼い頃から漁の様子を知っており自ら魚加工の手伝いをした経験のある小市氏は、いずれも「知らない」と回答している。漁師と地元の一般人との語彙の使用域の違いを示しているように思われる。

魚名方言語彙の命名の仕方は、澁澤(1959: 17)に記載された2)a, bに従っている。

- 4) a. 自然状態の観察: 大きさ(2), (4); 体色(1); 棲息場所(6); 習性(9); 季節(7), (8)
b. 社会的事象/他の事物よりの連想を基に命名: 他の事物よりの連想(3), (5), (10)

大きさによる名称は、旧榎法華村もせたな町も共通していて、ホッケ(和学名)の頭に大中小を付ける生産的ではあるが単純な命名方式を採っている: ショーボッケ<チューボッケ<オーボッケ<トクダイボッケ。同じ大きさのホッケを指す場合でも、タラボッケ、ドーラクボッケのような比喩的な語彙は使用しない。ただし、ローソクボッケは、比喩的命名であるが、広く使用されているようである。

旧榎法華村よりもせたな町の方が、ホッケの名称の数が多い。アオボッケはショーボッケより前の段階に位置づけられるように思われるが、市場価値はないに等しい。ネボッケとヒガンボッケのように指示対象が同じ場合、どちらか一方だけが使用される傾向が高いが、ハルボッケとマキボッケのように同じ時期に漁獲されるものでも、せたな町では両名称を使用する。もっとも、マキボッケは群れ全体を指示するのに対し、ハルボッケは魚そのものを指すと説明できないこともないだろう。

因みに、塩谷(2016: 101)で挙げられている青森県のホッケに関する方言語彙を見ると、ネボッケの他に、津軽方言として、ハルボッケ(2年もの)、ロウソクボッケ(1年もの)の記述がある。年数で区別しているのである。

2.2 カジカ科の魚の方言名称

カジカ科の魚は、淡水産と海水産のものに分かれるが(『日本産魚名大辞典』1981: 83-84)、ここで扱うのは、後者のみである。確認された語彙数は、7語である。

- (11)カワムキカツカ^[3] : ToD=U/SeT=NU : ケムシカジカ (和学名) のこと。
 #ToD (小市・田中) : 飯寿司に用いる。
 ❶『北海道の全魚類図鑑』(2011: 237) : 方言名でトウベツカジカとも呼称する。
- (12)ギスカツカ : ToD=U/SeT=U : ツマグロカジカ (和学名) のこと。
 #SeT (西田) : ギスと呼び、味噌汁に入れる。
 ❶『岩内方言辞典』(2015: 78) : ギスと呼称する。
- (13)ゴモカツカ : ToD=U/SeT=U : ギスカジカ (和学名) のこと。
 #SeT (西田) : ゴムカツカと言う。ゴムという海藻の中に棲息するため、このように言う。色がこの海藻の色、すなわち青色をしている。
 ❶『戸井町史』(1973: 900) : ゴモカジカだけではなく、チチビツカジカもギスカジカの方言名称であると説明している。
- (14)チチベツカツカ : ToD=U/SeT=NU : ツマグロカジカ (和学名) のこと。
 ❶『新 北のさかなたち』(2003: 207) : ツマグロカジカのことをギスカジカ (方言名) もしくはチチビツカジカ (方言名) と呼ぶ。
- (15)ナベカツカ : ToD=U/SeT=U : 和名不詳。ナベワリカツカと指示対象魚は同じかどうか不明。
 #1ToD (田中) : 大きい型の魚で、おいしい。@ナベワリカツカとは区別しているようである。
 #2SeT (西田) : 皮をはがさずに調理する。おいしい。
- (16)ナベワリカツカ : ToD=U/SeT=NU : ケムシカジカ (和学名) かトゲカジカ (和学名) のこと。
 #1ToD (小市・田中) : あまりにおいしいので、鍋が割れるほど争うようにして食べることから、この名前が付いた。
 #2SeT (西田) : ナベカツカと同じものを指すのではないか。
 ❶1『新 北のさかなたち』(2003: 517) : トゲカジカの方言名をナベコワシと言う。
 ❶2『北海道の全魚類図鑑』(2011: 218, 237) : トウベツカジカ (方言名) の方言名をナベコワシと言う。
- (17) ベロカツカ : ToD=U/SeT=U : ニジカジカ (和学名) のこと。
 #1ToD (田中) : チチベツカツカの別名である。
 #2SeT (西田) : 小さいカジカで、食用とはしない。
 ❶1『北海道の全魚類図鑑』(2011: 232) : 体表が粘液に富むことから、ヌルヌルカジカ (方言名) と言う。
 ❶2『岩内方言辞典』(2015: 216) : ノロカジカ (方言名) のこと。ベロは「赤ちゃんのよだれ」のこと。

旧榎法華村、せたな町共に使用の確認された語彙は、4語であった：(12)ギスカツカ、(13)ゴモカツカ、(16)ナベカツカ、(18)ベロカツカ。旧榎法華村でのみ使用される語彙が3語ある：(11)カワムキカツカ、(14)チチベツカツカ、(17)ナベワリカツカ。

両地域で発音や呼び方に若干の違いのある語彙が2語見出される：(12)ギスカツカ (旧榎法華村) ～ギス (せたな町)、(13)ゴモカツカ (旧榎法華村) ～ゴムカツカ (せたな町)。なお、ツマグロカジカをギスと呼ぶことは、『岩内方言辞典』(2015: 78)にも記載されていることから、渡島半島西岸部で広く用いられている可能性がある。文献で言及されたものと発音が若干異なる語彙も1語存在している：(14)チチベツカツカ (旧榎法華村) ～チチビツカジカ (『新 北のさかなたち』(2003: 207))。

『北海道の全魚類図鑑』(2011: 202-237)のカサゴ目の項に挙げられたカジカ科の魚は全部で54種を数える。このうち、5種の和学名の魚が、語彙項目に採録されているわけである。『日本産魚名大辞典』(1981: 83-84)のカジカの地方名 (方言名) には北海道の地名がないことから、(11)から(18)の語彙を含む『新 北のさかなたち』(2003)及び『北海道の全魚類図鑑』(2011)で言及されたカジカの地方名 (方言名) は、すべて北海道に使用域が限定されていると考えられる。この地域限定の語彙に、次に述べるような指示対象の異同や方言名称の混乱等が観察されるのである。

- 5) a. ケムシカジカ（和学名）は、(11)カワムキカツカ、(17)ナベワリカツカの他にトウベツカジカ（(11)参照）の3つの異なる方言名を持っている。
- b. ツマグロカジカ（和学名）は、(12)ギスカツカ～ギス、(14)チチベツカツカの2つの異なる方言名を持っている。
- c. ギスカジカ（和学名）には(12)の名称は適用されず、(13)ゴモカツカ～ゴムカツカに見るように、独自の方言名が対応している。
- d. ニジカジカ（和学名）は、『新 北のさかなたち』（2003: 517）、『北海道の全魚類図鑑』（2011: 232）によると、体表の粘液の多さからベロカジカと呼ばれと説明しているが、田中氏はチチベツカツカ、すなわちツマグロカジカの別名と考えている。西田氏は、「小さいカジカで、食用とはしない」と回答しているが、対象の魚がニジカジカだとすれば、雄で体長 30cm、雌で 22cm あり、決して小さくないし、かなり美味であるようである（『北海道の全魚類図鑑』（2011: 232））。ただし、ベロ（和学名）という魚もカジカ科に属し、ベロカジカと呼ばれる（『新 北のさかなたち』（2003: 517））。この魚だと体長 9cm ほどで、食用にされない（『北海道の全魚類図鑑』（2011: 233））。
- e. (15)ナベカツカと(17)ナベワリカツカが、西田氏の指摘するように同じ対象魚であるのか、小市氏や田中氏の語るように異なる対象魚を指すのか、判断の分かれる場合がある。通常、競合する2つの語彙が存在する場合、せたな町の状況のようにどちらか一方のみが使用されるように思われるが、現段階では明確な結論を下すことはできない。

なぜ、5)a-e に記述したような状況になるのだろうか。和学名で 5 種のカジカはすべて頭部が大きく、体型は比較的厚重で、背びれが盛り上がり、体表にぬめりがある、相似た外見をしている。漁獲量は少なく市場に出回りにくいが、味のよいものが多く、地元で昔から食されている。身近でありながら、種類が多く、見た目では識別しがたいのであれば、対象魚の異同等の乱れがあったとしても致し方ないのかもしれない。ただし、これはあくまで一つの仮説にすぎない。

2.3 イカナゴの方言名称

イカナゴ（和学名）関連の方言語彙は 6 語ある。

(18) オオナゴ：ToD=NU/SeT=U：イカナゴの大型のもの。

☛『新 北のさかなたち』（2003: 516）、『北海道の全魚類図鑑』（2011: 348）

(19) コナゴ：ToD=U/SeT=U：イカナゴの小型のもの。

#1ToD（小市）：ムシロで干して、函館に送った。

#2ToD（田中）：釜で煮た。現在はほとんど漁獲されない。

#3SeT（西田）：昭和 20 年代、太櫓（ふとろ）¹⁴⁾で佃煮に加工されていた。1~3 月が漁期で、網 20 カ続あった。

☛1 石垣(1983: 134)：オオナゴの 5cm くらいの幼魚。つくだ煮の原料。コーナゴともいう。

☛2『岩内方言辞典』（2015: 100）：いかなご（魚）。大きくなるに従い呼び方が「小ナゴ」→「中なご」→「大なご」と変わっていく。「小なご」は、さらに大きさにより「チリメン」「コスジ」「チュースジ」「オースジ」と呼ばれる。岩内町では言わないが、余市町方面では、「中なご」は別名「メロ」「メロド」とも呼ばれる。「小なご」は乾燥品や佃煮として食品に加工される。「中なご」は食品として加工されず魚の餌にされ、「大なご」は魚の餌や薫製にされる。

(20) チリメン：*ToD=U/SeT=U：コナゴより小さいサイズのイカナゴのこと。

#1ToD（小市）：使わない。

#2ToD（田中）：ちゃっこいコナゴのこと。

#3SeT（西田）：小さいコナゴのこと。中型のものをチューチリメンと言う。チューナゴ

とは言わない。飯寿司に用いる。オオナゴ（ナガヨとも言う）は、釜たき用で、油をとった。

(21) ナガヨ：ToD=NU/SeT=U：体長 20cm くらいのイカナゴのこと。

☛独立法人青森産業技術センターHP：メロウドとオオナゴの中間の大きさのイカナゴのこと。モグリ、モングリとも言う。

(22) メロウド：ToD=NU/SeT=NU：コナゴより大きくナゴヨより小さい型のイカナゴのこと。

☛『北海道の全魚類図鑑』（2011: 348）：紋別地方でこのように呼ぶ。

(23) モグリ：ToD=U/SeT=U：コナゴより少し大きい型のイカナゴのこと。

#1ToD（田中）：釜で煮る。モングリとは言わない。

#2SeT（西田）：コナゴの大きいものを言う。ナガヨの方を使うことが多い。

☛1『北海道の全魚類図鑑』（2011: 348）：渡島半島では砂に潜る性質からモグリと言う。

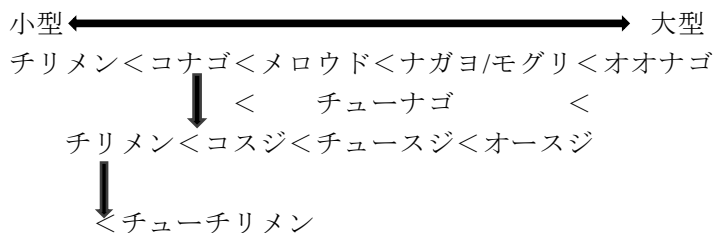
☛2 石垣(1983: 327)：コウナゴ（魚）の成長したもので、オオナゴのこと。➤採録地：南茅部。

☛3『岩内方言辞典』（2015: 241）：一般的には使われていない。

イカナゴ（和学名）を表す方言語彙 6 語のうち、旧楸法華村とせたな町の両方で使用の確認されたものは、3 語である：(19)コナゴ、(20)チリメン、(23)モグリ。これらはすべて比較的小さい型のイカナゴを指示する。旧楸法華村でのみ用いられる語彙はないが、せたな町だけの使用の見出されたものが、2 語ある：(18)オオナゴ、(21)ナガヨ。これらは、反対に、比較的型の大きなイカナゴである。旧楸法華村でもせたな町でも使用の確認されない語彙は、1 語である：(22)メロウド。これは、コナゴとナガヨの中間に位置づけられる型を指すように思われる。興味深いのは、同じ旧楸法華村でも、(20)チリメンのように、「使う」～「使わない」で意見の分かれる語彙が存在する事実である。同様の回答は、(2)オーボッケ、(9)マキボッケにも見られた。そのすべてで「使わない」回答をした調査協力者が、漁師町で育ったとはいえ一般人であるのに対し、「使う」回答をしたのが漁師であった。指示対象への関心の度合いの違いによるように思われる。

(18)~(23)からイカナゴは大きさにより、次のような区別がなされる。

6) イカナゴの大きさによる方言名称：



『岩内方言辞典』（2015: 100）によると、チリメンはコナゴの下位区分に入るようであり、調査協力者の田中氏も西田氏も、それを裏付ける説明をしてくれている。ただし、それ以上の区分はしないようである。ナゴヨとモグリを同じ型のイカナゴの呼称にしたのは、「ナガヨを使うことの方が多い。」という西田氏の言葉による。競合する語彙であるので、どちらか片方の語彙が用いられれば事足りるのであるから、旧楸法華村ではモグリのみを使うのかもしれない。また、せたな町ではオオナゴは使うが、チューナゴは使わないという。一方、『岩内方言辞典』（2015: 100）では、コナゴとオオナゴの間のサイズを指示する語彙としてチューナゴを挙げている。

塩谷(2016: 108)には、青森県におけるイカナゴの方言名称が記載されている。

7) a. 小型魚：コナゴ、コウナゴ、シラス

b. 大型魚：メロード、オオナゴ

@ただし、八戸では、シラスは幼魚を、メロードは成魚を指す。

小型のイカナゴに対して渡島半島にはないシラスの呼び名があるものの、チリメンはない。また、中型のイカナゴを指示する名称がない。この型のイカナゴに商品価値がないことに起因するのかと考えられる。

なお、旧榎法華村においてはチリメン、コナゴ、モグリ以外の語彙を用いないのは、中型及び大型のイカナゴが佃煮などの加工に適さず、社会的な関心がないためではないだろうか。

チリメンについては、せたな町でチューチリメンの呼称が報告されていることから、オオナゴ、ナガヨも含めて、旧榎法華村に比べイカナゴの名称が豊富であることが窺える。

2.4 フサカサゴ科の魚の方言名称

ソイ（和学名）、アコウダイ（和学名）を含むフサカサゴ科の魚の名称語彙は、8語である。

(24) キンシャガ：ToD=U/SeT=NA：アコウダイのこと。

#ToD（田中）：真っ赤な色の魚で、味がよい。

☛1『戸井町史』（1973: 903）：サガと発音する。

☛2『新 北のさかなたち』（2003: 180）：北海道の方言名として、コウジンメヌケ、サガ、オオメヌケ、メヌケ、メヌキが記載されている。

(25) ダッコビ：ToD=NU/SeT=U：ヤナギノマイ（和学名）のこと。

#ToD（田中）：聞いたことがない。

☛『新 北のさかなたち』（2003: 182）：方言名として、モヨ、モイ、モンキ、ダック、ダッコがあるが、ダッコビの記載はない。

(26) ナガラ：ToD=U/SeT=U：クロソイ（和学名）のこと。

#1ToD（小市）：ナガラとは「怠け者」という意味である。

#2SeT（西田）：黒い色のソイで、味がよい。

☛『北海道の全魚類図鑑』（2011: 185）：ナガラソイ（方言名）と言う。美味である。

(27) バラシャガ：ToD=U/SeT=NU：バラメヌケ（和学名）のこと。

#1ToD（田中）：大きい型のメヌケのこと。

#2SeT（西田）：メヌケはせたな町では獲れない。

☛『北海道の全魚類図鑑』（2011: 178）：方言名としてバラサガがある。

(28) ビッキゾイ：ToD=U/SeT=NU：シマソイ（和学名）のこと。

#1ToD（田中）：小型のソイのこと。ビッキは「小さい」という意味である。

#2SeT（西田）：シマソイのことはムラゾイと言う。普段は黒いが、卵を産むときに黄色になる。

@『北海道の全魚類図鑑』（2011: 187）によると、ムラゾイ（和学名はムラソイ）の方言名）はハチガラである。

☛1『北海道の全魚類図鑑』（2011: 188）：方言名として、キゾイ、モンキゾイを記す。

☛2『新 北のさかなたち』（2003: 516）：留萌地方や道南ではビッキゾイと呼ばれる。ビッキとは「カエル」もしくは「生まれたての赤ん坊」のことである。

☛3『岩内方言辞典』（2015: 201）：ビッキは「赤ん坊」のこと。この魚は道南地方に多く棲息する。

(29) マゾイ：ToD=U/SeT=U：キツネメバル（和学名）を指すと思われる。

#1ToD（小市）：鱗や色でクロゾイやナガラと区別する。

#2ToD（田中）：アオゾイとも言う。

☛『新 北のさかなたち』（2003: 516）、『北海道の全魚類図鑑』（2011: 177）：クロメヌケ（和学名）の方言名をアオソイ〜アオゾイと言う。

(30) ムラゾイ：ToD=NU/SeT=U：ムラソイ（和学名）のこと。

#SeT（西田）：名称はこの通りだが、指示する魚はシマソイ（和学名）である。

☛1『戸井町史』（1973: 903）：モンキゾイと呼ぶ。

☛2『北海道の全魚類図鑑』（2011: 188）：モンキゾイ、キゾイはシマソイ（和学名）の方言名である。ムラソイの方言名はハチガラである。

(31) モンキゾイ：ToD=U/SeT=NU：シマソイ（和学名）のこと。

#ToD（田中）：ヤナギノマイ（和学名）を指す。

☛1『新 北のさかなたち』（2003: 182）：ヤナギノマイの方言名としてモンキを挙げている。

☛2『北海道の全魚類図鑑』（2011: 188）：シマソイの方言名として、キゾイ、モンキゾイを挙げている。

旧榎法華村、せたな町双方で使用の確認された語彙は、2語である：(26)ナガラ、(29)マゾイ。旧榎法華村でのみ使われる語彙（せたな町で確認のとれていない1語彙を含む）は、半数の4語を数える：(24)キンシャガ、(27)バラシャガ、(28)ビッキゾイ、(31)モンキゾイ。他方、せたな町でだけ用いられる語彙は、2語である：(25)ダッコビ、(30)ムラソイ。

ソイを代表するフサカサゴ科の魚にも、2.2節で見たのと同じように、名称と指示対象との間に少なからぬ異同が観察できる。せたな町の調査協力者は、シマソイ（和学名）のことをムラゾイ（(28)参照）と呼ぶと回答しているが、ムラゾイとムラソイ（和学名）が同じものを指すとするなら、その方言名はハチガラである。シマソイは体が黄褐色であるのに比べ、ムラソイは黒色の地に黄色い斑点か赤褐色の斑紋が散在している。旧榎法華村の調査協力者は、キツネメバル（和学名）をマゾイと言う他にアオゾイとも呼ぶ（(29)参照）と回答しているが、後者の名称はクロメヌケ（和学名）を指す。キツネメバルの体色は黒で白いまだら模様があるのに対し、クロメヌケの全体は黄色がかった黒色をしている。両者とも体に薄い暗色体があり体型も丸みを帯び類似はしているが、区別は可能であるように思われる。(31)モンキゾイはシマソイ（和学名）の方言名であるが、旧榎法華村の調査協力者はヤナギノマイ（和学名）を指すと回答している。橋本(2016b: 141)では写真を掲げて説明しているが、2つの魚とも体は黄褐色で、側線の上に暗色帯が見られる。外見が非常に類似しているのである。

魚体の特徴が命名に影響している例が存在する。(24)キンシャガは赤い体色からの命名であるが、『新 北のさかなたち』（2003: 516）によれば、キチジ（和学名）を方言名でキンキンと呼ぶのは、キン「金」が赤色を表すことに由来すると解説している。ただし、もっと一般的な名称のメヌケは、体色にではなく、大きな目に着目した命名である。(28)ビッキゾイの「ビッキ」の語源については、調査協力者と先行文献との間に相違が見られる。「生まれたての赤ん坊」にしる「カエル」にしる、その体形が小さいことから「小さい」という意味に解釈したのだろう。この大きさによる区別は、(27)バラシャガの回答においても見出せる。メヌケの種類にではなく大きさに焦点を当てて「大きい型のメヌケ」としてのコメントである。実際には、オオサガ（和学名）の方がバラシャガ（和学名バラメヌケ）よりも大きい。

(25)ダッコビと(31)モンキゾイは同じヤナギノマイ（和学名）を指し競合する名称のため、せたな町では専ら前者が、旧榎法華村では後者が用いられている。

同じ東岸部下海岸地方に位置する戸井町では^[5]、メヌケを「サガ」と発音し（(24)参照）、『新 北のさかなたち』（2003: 180）、『北海道の全魚類図鑑』（2011: 178）でもそれを支持しているのに対し、旧榎法華村の調査協力者は一貫して「シャガ」と発音していた。

最後に、メヌケの方言名称がせたな町で観察されないのは、漁獲されないという生態的な理由によるようである（(27)の回答参照）。

2.5 ナガヅカ関連の方言名称

ナガヅカ（和学名）に関わる語彙は4語挙げることができるが、指示対象魚の不明なものが混じっているため、今後調査・検討する必要がある。

- (32) **ガッジ**：ToD=U/SeT=U：和学名不詳。旧榎法華村及びせたな町の調査協力者の説明によると、真っ黒い体に白い斑点があり、獐猛な顔で、ペロペロしていて容易につかむことができない魚とのことである。
 #SeT（西田）：釣り針にかかる、何度も投げつけて殺して針からはずし、海に捨てる。
- (33) **ガンズ**：ToD=U/SeT=U：ナガヅカ（和学名）のこと。
 #1ToD（小市・田中）：ガンズ投げで釣る。蒲鉾の原料として用いられたが、今は獲れない。
 #2SeT（西田）：ハモ（和学名マアナゴ）のような細長い形状の魚。砂原（渡島半島東岸部の町。現在森町）では食すが、せたな町では食べない。せたな町ではガンズではなくナガヅカという名称を用いる。
- (34) **ナガベロ**：ToD=NA/SeT=U：和学名不詳。
 #SeT（西田）：ナガヅカより小さいが、似ている。
- (35) **ワラヅカ**：ToD=NU/SeT=NU：ナガヅカ（和学名）のこと。
 #ToD（田中）：カンズを専ら使う。干して焼いて食べる。
 ■『戸井町史』（1973: 904）：ガンズにも種類が多い。ガンズはギンポ科に属し、戸井の沿岸で釣れるものは、ムスジガジ、エゾガジ、ウナギガジ、ナガガジ、ナガヅカなどである。

旧榎法華村とせたな町の双方で使用の確認された語彙は、2語である：(32)ガッジ、(33)ガンズ。2つの語彙は形の類似から、一見、指示対象を同じくしているように思われる。事実、青森県のナガヅカを表す方言名称の中には、ナメ、ガジ、ワラズカと並んでガンズが記載されている。これは、(32)ガッジと語彙形態がよく似ている。ところが、旧榎法華村及びせたな町の調査協力者は、(33)ガンズは渡島半島東岸部で食用に供されるのに対し、ガッジは釣り人にとって気味の悪い厄介な魚として識別されており、両者は異なる指示対象を持っているように思われるのである。

せたな町でのみ確認され、旧榎法華村で未確認の語彙は、1語である：(34)ナガベロ。この魚の正体が何であるのかについては、現段階ではわからない。調査協力者の証言から細長い形状がナガヅカに似ていて、「ペロ」から推して体表が粘液で覆われているものと考えられる。『北海道の全魚類図鑑』（2011: 326-340）にナガヅカの属するタウエガジ科の魚で名前の一部に「ガジ」の付く語が11あるが、その中に当該の魚があるのかもしれない。

どちらの地域においても「使われない」回答の語彙は、1語であった：(35)ワラヅカ。『北海道の全魚類図鑑』（2011: 336）によると、この方言名は留萌、十勝、紋別の各地方で使われている。渡島半島の少なくとも道南部では、専ら、ガンズが用いられるようである。(35)に見るように、戸井町ではこの名称をナガヅカに限らず同種の魚の総称として用いている。

ナガヅカは食用としての利用価値が低いため、せたな町では、「ガンズ」という語彙は知っているものの、和学名をそのまま使用すると語られている（(33)の西田氏の談話参照）。旧榎法華村を含む東岸部でこの語が用いられることと対象魚を食用としていることとの間には相関があると考えられる。

2.6 ヒラメ関連の方言名称

ヒラメ（和学名）に関わる語彙は、3語である。

- (36) **アオバ**：ToD=NU/SeT=U：ヒラメの幼魚。体長 30cm 以下のものを言う。
 ■石垣(1983: 19)、『岩内方言辞典』（2015: 17）：アオッパと呼称する。
- (37) **ウマ**：ToD=NU/SeT=U：ヒラメの大型のもの。1m 以上になる。
- (38) **テックイ**：ToD=U/SeT=U：ヒラメ（和学名）のこと。
 #ToD（田中）：大きい型のヒラメを言う。昔、ヒラメの頭でタコを獲った。
 ■1『瀬棚町史』（1991: 565）：「大型のヒラメをオヒョウと呼ぶ」と記しているが、これはおそらく大鰾という字からの類推でないか。オヒョウはカレイ（鰈）の一種である。

❶2『岩内方言辞典』(2015: 161): 鋭い歯を持ち、手を齧るところからこう呼ぶ。

旧榎法華村とせたな町で共に使用される語彙は、1語にとどまる:(38)テックイ。せたな町で使用が確認されているものの、旧榎法華村で「使わない」と回答された語彙は、2語を数える:(36)アオバ、(37)ウマ。

渡島半島東岸部の旧榎法華村に比して西岸部のせたな町の方が豊富な語彙を用いるのは、漁獲量と関係しているようである。北海道でのヒラメ漁は、津軽海峡と日本海沿岸の主に水深 100m の浅い所で行われる(『新 北のさかなたち』(2003:235))。北海道東部太平洋岸ではほとんど漁獲されない(『北海道の全魚類図鑑』(2011: 383))。旧榎法華村は、津軽海峡と太平洋との結節点に位置するので、若干の漁獲はあるものの、主要な魚種ではない。一方、知内町、松前町の南部からせたな町、寿都町、岩内町の日本海沿岸部はヒラメ漁の盛んな地域である。ヒラメの棲息域が比較的浅瀬であるということだが、せたな町の調査協力者は、かつて川崎船に帆を張った打たせ漁で漁獲したとの証言をしている(橋本 2016a: 46)。打たせ漁は、根室管内尾岱沼のシマエビ漁で知られている漁法である。

(36)アオバと(37)ウマは、大きさ・年齢(幼魚か成魚か)で対立する語彙である。澁澤(1959: 17)に従うなら、前者は形状と色彩の「自然状態の観察」から、後者は馬という「社会的事象/他の事物よりの連想」からの命名である。ヒラメは成魚では、雄が約 30cm、雌が約 40cm 台で、1m を超える大型のものは稀にしか漁獲されない(『新 北のさかなたち』(2003:235))。

(38)テックイで旧榎法華村の調査協力者は大きさに着目した発言をしている。塩谷(2016: 105)によれば、青森県の方言名では、アオバ(小型)、テックイ(大型)と、やはり大きさに区別している。ただし、せたな町や岩内町を含む渡島半島西岸部ではヒラメの方言名にとどまり、大きさは関与していないようである。

2.7 イワシ、サバ、タラ関連の方言名称

2.7.1 イワシ関連語彙

次の2語である。

(39) ジャミイワシ: ToD=U/SeT=U: カタクチイワシ(和学名)のこと。Cf.『戸井町史』(1973: 898)。

#1ToD(小市・田中): 種類は区別せず、小さいサイズのイワシの総称である。

#2SeT(西田): 小さいイワシのこと。煮干し用である。

❶1 石垣(1983: 167): ジャミはジャミイワシの略で、イワシの小さいもの。ヒコイワシとも言う。

❶2『岩内方言辞典』(2015: 120): ジャミは「とても小さな魚」を指す。

❶3『新 北のさかなたち』(2003:168): 小型のサンマ(和学名)のこと。

(40) マルイワシ: ToD=U/SeT=U: ウルメイワシ(和学名)のこと。Cf.『戸井町史』(1973: 898)。

#1ToD(小市): ナナツボシとも言う。

#2ToD(田中): タラを釣るときの餌となる。

#3SeT(西田): ナナツボシは体長 20~30cm で、おいしい魚である。

❶『新 北のさかなたち』(2003:66, 515): カタクチイワシを北海道では胴体の横断面の形からマルイワシと呼ぶ。

『北海道の全魚類図鑑』(2011: 70-71)にはいずれも和学名で、カタクチイワシ、ウルメイワシ、マイワシ、サッパの4種が記載されている。(39)ジャミイワシがカタクチイワシの方言名であるとしているのは、『戸井町史』(1973: 898)と青森県上北郡(ただし、「ジャミイワシ?」のようにクエスションマークを付けて記載)だけである(塩谷 2016: 113)。旧榎法華村及びせたな町の調査協力者の発言や石垣(1983: 167)、『岩内方言辞典』(2015: 120)から推して、特定のイワシというより、小さい型のイワシすべてを指示すると捉えた方が妥当であろう。

(40) マルイワシはウルメイワシの方言名であるが、旧榎法華村とせたな町の調査協力者は全員ナナツボシのことであると回答している。『北海道の全魚類図鑑』(2011: 71)によると、ナナツボシはマイワシの方言名である。実際、この魚の体側には10個程度の斑点が並んでいるのに対し、ウルメイワシにはこの種の斑点はない。青森県でも津軽地方では、マイワシをナナツボシやヒライワシと呼ぶ(塩谷 2016: 113)。マイワシの方言名が両調査地域で指摘されていないので、混同があった可能性が考えられる。

2.7.2 サバ関連語彙

渡島半島南部津軽海峡に面する戸井町(現在函館市)からは、次の2語が報告されているので、調査を試みた(『戸井町史』1973: 899)。

(41) ヒラサバ: ToD=NU/SeT=NU: マサバ(和学名)のこと。

#ToD(田中): 小さいサバをベロサバと言う。

☛ 『新 北のさかなたち』(2003: 226): 北海道ではサバ類のほとんどがマサバである。

(42) マルサバ: ToD=NU/SeT=NU: ゴマサバ(和学名)のこと。

#SeT(西田): サバはすべて「サバ」と呼ぶ。

旧榎法華村、せたな町ともサバに関わる特定の方言名は持っていない。せたな町の調査協力者の言葉にあるように、サバは区別せずに「サバ」と呼ぶだけである。これは、マルサバに較べてゴマサバの漁獲量が少なく、あえて区別する必要がないせいかもしれない。青森県でも戸井町同様に、マサバをヒラサバ、ゴマサバをマルサバと呼称するが(塩谷 2016: 109)、後者が前者に比較して丸みを帯びた体形をしていることからの命名である。そうであるなら、2つの方言語彙は対の関係でのみ成立するものである。

小型のマサバを青森県ではジャミサバと呼ぶことが塩谷(2016: 109)にあるが、ベロサバの記載は他の文献に見当たらない。

2.7.3 タラ関連語彙

タラに関連した語彙は、3語確認した。

(43) ゴンボダラ: ToD=NA/SeT=U: 大型のマダラ(和学名)のこと。

#SeT(西田): 小さい型のはポンタラと呼ぶ。

☛ 1 石垣(1983: 141): ゴンボは泣き虫、駄々っ子のこと。ゴンボホリの略。

☛ 2 『岩内方言辞典』(2015: 104): ゴンボホリは泣き虫、駄々っ子。

☛ 3 『新 北のさかなたち』(2003: 220, 516): 留萌地方でチカ(和学名)の大きいものをゴンボチカと呼ぶ。

(44) バクダン: ToD=NU/*SeT=U: 大型のマダラのこと。

#1ToD(田中): タラの大きさによる名称は、大中小を冠するのみである。

#2SeT(木村・西田): せたな町大成区在住の木村氏はバクダンを用いるが、北檜山区の西田氏はもっぱらゴンボダラのみを使うとのことである。

(45) ドンコ: ToD=U/SeT=U: エゾアイナメ(和学名)のこと。

#1ToD(小市・田中): 深海魚である。サント(産人)が産後に食べる。焼いて身をほぐし味噌で煮る。

#2SeT(西田): たまに獲れる。炉辺で焼いて味噌煮にする。産後の女性に食べさせる。ナガベロみたいな魚である。

(43) ゴンボダラ、(44) バクダンは共にせたな町で使用の確認された語彙である。ただし、調査協力者の居住する地区によって使用語彙を異にする。どちらの語彙も先行文献に言及がない。旧榎法華村では特

別の呼び名がなく、(2)の調査協力者の発言と同様に、大中小を冠して型の区別をしている。塩谷(2016: 112)によれば、青森県においては産卵を終えたものをゴンボダラと呼び、大型のものをホンダラと称する。

(45) ドンコはチゴダラ科に属する魚で、北海道南部以南の太平洋と日本海、オホーツク海に棲息している(『北海道の全魚類図鑑』2011: 133)。旧榎法華村でもせたな町でも出産後の女性の滋養供給のために食されてきた。せたな町の調査協力者は、(34)で記したナガベロとの形態上の類似を指摘している。このナガベロはタウエガジ科のナガヅカに似ていると述べられている。確かに、背びれが小さく、尾がすばまっている点でドンコとナガヅカは、一見相似している。ただし、両者をつなぐナガベロの正体は不明のままである。

2.8 その他の魚貝類の方言名称

ここでは、上記で挙げた以外の同一魚種に属さない魚介類の方言名称を記す。

(46) オソボロスケ：ToD=NU/SeT=NU：ブリ(和学名)のこと。Cf.『戸井町史』(1973: 895)。

(47) ガサエビ：ToD=U/SeT=U：イモバラエビ(和学名)のこと。

#1ToD(田中)：稀にしか獲れないが、美味である。

#SeT(木村・西田)：棘とげした小型のエビである。北檜山区では獲れないが、大成区では獲れる。

☛1『新 北のさかなたち』(2003: 352, 519)、『岩内方言辞典』(2015: 65)：シャコ(和学名)のこと。

☛2 塩谷(2016: 114)：青森県では、アナジャコのことをガサエビと言う。

(48) カトザメ：ToD=NU/SeT=U：ネズミザメ(和学名)のこと。

#1ToD(田中)：サメはすべて「サメ」と呼び、区別しない。タコナワ漁で餌に用いる。

#2SeT(西田)：重さ40 kg程で、秋田県では食用にするが、せたな町では食べない。終戦後の一時期、アブラザメ(和学名はアブラツノザメ)が豊漁で、サメ油をとった。

☛1『戸井町史』(1973: 895)：カトザメもしくはモウカザメと呼ぶ。

☛2『岩内方言辞典』(2015: 72)：カトザメと記載されている。

☛3 塩谷(2016: 107)：青森県ではモウカ(ザメ)、モウガ(ザメ)、カド(ザメ)などと言う。

(49) キナンボウ：ToD=U/SeT=U：マンボウ(和学名)のこと。

#SeT(西田)：知ってはいるが、あまり使用しない。噴火湾に多い。せたなでは、2回くらいしか見たことがない。

☛『戸井町史』(1973: 901)：鹿部あたりでは好んで食べるが、戸井ではあまり食べない。

(50) ゴンタ：ToD=U/SeT=U：小型のクロマグロ(和学名)のこと。体重20 kgのメジ(方言名)よりもやや大きいものを指す。

☛1『北海道の全魚類図鑑』(2011: 376)：クロマグロの方言名としてメジ(若齢魚)は挙がっているが、ゴンタの記述はない。

☛2『岩内方言辞典』(2015: 103)：ゴンタマグロと呼ぶ。

☛3 塩谷(2016: 109)：青森県におけるクロマグロの呼び方は大きさ(重さ)に応じて細かく分かれている：コシビ(小型)、メジ(小型) < シビ、クロ、ゴンタ(5~10 kg) < マグロ(15~30 kg) < ホンマグロ(30 kg以上)

(51) シルケ：ToD=U/SeT=U：カラスガイ(和学名)のこと。

#1ToD(田中)：カレイ釣りの餌に使用する。

#2SeT(西田)：貝の一種。マハゴの大きいもので、海底にいる。焼いて食べるが、美味である。

(52) トトグチ：ToD=NU/SeT=NU：ウミタナゴ(和学名)のこと。Cf.『戸井町史』(1973: 897)。

#SeT(西田)：タナゴと呼ぶ。焼いて出汁にする。

☛塩谷(2016: 108)：青森県のウミタナゴの呼び名は多彩である：タナゴ、ススケタナゴ（大型）、ニセコ（小型）、マルタナゴ、ザイコタイ。トトグチに対応すると思われるのは、オキタナゴ（和学名）の名称である：トウグチ、トグジ（タナゴ）、トグチ、ナガタナゴ。ウミタナゴもオキタナゴも北海道以南の日本各地で漁獲される（『北海道の全魚類図鑑』（2011: 297-298）参照）。ウミタナゴの方が丸みを帯びた体形をしていて、煮つけ、塩焼き、フライで食されるのに対し、オキタナゴは商業的価値が低いようである。

(53) ハゴドコ：ToD=U/SeT=U：スジアイナメ（和学名）のこと。

#1ToD（田中）：ハマンドコと言うこともある。アブラコに似ている。

#2SeT（西田）：磯釣りで上がる魚である。出汁にする。

☛『岩内方言辞典』（2015: 193）：一般的に使われていない。漁業関係者の間でのことばであろう。

(54) ババガイ：ToD=NA/SeT=U：ウバガイ（和学名）のこと。

☛『新 北のさかなたち』（2003: 304, 519）：北海道ではウバガイは和学名で呼ばれず、ホッキガイ、ホッキである。

(55) ハモ：ToD=U/SeT=U：アマナゴ（和学名）のこと。

#1ToD（田中）：はえ縄で獲る。黒くて細長い体形の魚。三枚におろして干す。白いハモをマハモと呼ぶ。

#2SeT（西田）：せたなでは漁獲されない。

☛1『戸井町史』（1973: 898）、『新 北のさかなたち』（2003: 54）、『北海道の全魚類図鑑』（2011: 68）に記載されている。

☛2 塩谷(2016: 100)：青森県ではマアナゴのことをハムまたはハモと呼び、ハモ（和学名）をハモまたはアナゴと言う。

(56) マメフグ：ToD=NU/SeT=U：和学名不詳。

#ToD（田中）：フグはすべて「フグ」と言う。

☛1『戸井町史』（1973: 904）：マメフグの他にナメラフグ（方言名）が記載されている。

☛2『新 北のさかなたち』（2003: 284）：マフグ（和学名）をナメラフグと呼称する。

全 11 語彙中、旧榎法華村及びせたな町の双方で使用の確認された語彙は 6 語で、おおよそ半数であった：(47)ガサエビ、(49)キナンボウ、(50)ゴンタ、(51)シルケ、(53)ハゴドコ、(55)ハモ。ただし、せたな町の調査協力者によると、(49)キナンボウと(55)ハモはせたなの海では漁獲されないので、知ってはいるがあまり使わないとのことであった。

旧榎法華村でのみ使用される語彙は、今回の調査では見つからなかったのに対し、せたな町でだけ確認された語彙は 3 語あった：(48)カトザメ、(54)ババガイ、(56)マメフグ。このうち(54)ババガイは、旧榎法華村で使用の確認がなされていない。両方の地域で使用されない回答の語彙は、2 語である：(46)オソボロスケ、(52)トトグチ。

ガサエビは、どの文献にもシャコの方言名と記されているが、橋本(2016a: 47)が述べるように、江差町やせたな町など渡島半島西岸部では、棘の多いイモバラエビを指している。また、2015 年 9 月の調査で、東岸部旧榎法華村の調査協力者も、このエビをガサエビと呼んでいることを確認した。どちらの地域の調査協力者も、シャコは漁獲されないと証言している。

キナンボウやハモが、せたな町での使用頻度の低いのも、東岸部と比較して、あまり獲れないばかりか、食べる習慣もないせいであると考えられる。この漁獲量の少なさと食習慣の欠如から生じる関心度の低さは、東岸部旧榎法華村においてカトザメ、トトグチ、マメフグが使用されないことと相関があるように感じられる。これらの語彙は、同じ下海岸に位置する戸井町では、その使用が報告されている。

ウミタナゴをせたな町ではトトグチではなくタナゴと呼ぶのは、塩谷(2016: 108)の記載に見る通り、方言名と認定できる。この魚は、せたな町の調査協力者によれば「焼いて出汁にする」利用価値がある。

ウバガイの方言語彙ホッキは、北海道全域で使用が確認されるが、ババガイという呼び名は、現段階では、せたな町に限られている。和学名との音の類似は、ウバガイ＝ババガイの方がウバガイ＝ホッキガイより近似している。カラスガイを指示するシルケは、東岸部と西岸部で使用が確認されているが、先行文献にはこの語彙の言及が見当たらない。餌や食用など、利用価値はあるようである。

3 考察

第2節では、渡島半島東岸部の旧榎法華村及び西岸部のせたな町で使用状況の確認調査がなされた56語彙について、調査協力者のコメントや先行文献の関連箇所を随時引用しながら、特定の魚種ごとに記述していった。取り扱った魚の多くは漁獲量が少ない、鮮度を保ち難い、商品価値が乏しい等の理由であまり市場に出回らず、専らごく限られた地域もしくは漁師の家庭のみで消費されるか、他の魚の餌として利用されてきたために、多様で錯綜した方言語彙を持ち合わせている。その点を踏まえた上で、次の8点を指摘することができる。

- ① 漁獲量が多く食用に適していたり魚粕の原料など商品価値のある魚は、社会的関心が高く、幼魚か成魚か、型の大小、漁獲時期等に基づいて、指示対象の細かく分かれた方言語彙を有する傾向がある。
例：ホッケ
- ② 比較的種類が多いけれども漁獲量が限られているため地元で消費される魚の方言語彙は、その数がたくさんあるばかりか、指示対象にしばしば混乱が見られる。
例：カジカ科の魚、ソイ、メヌケ、メバルを含むフサカサゴ科の魚
- ③ 商品として利用し得る範囲によって、方言語彙の使用状況に相違の出る魚がある。
例：イカナゴの小型のものはコナゴを筆頭にチリメン、モグリと言うが、旧榎法華村でもせたな町でも使用が確認されている。小さいイカナゴは釜で煮て干したり佃煮に加工するので、商品としての価値が高い。一方、大きい型のは旧榎法華村では利用していないのに対し、せたな町を含む、ナガヨ、メロウド、オオナゴの語彙を使用する地域では、魚の餌や薫製などに用いている。
- ④ 漁獲や消費の有無の分かれる魚には、方言名で呼ばれる地域と、方言名を持ち合わせないか和学名で呼称する地域とがある。
例：キナンボウとハモはせたな町では漁獲されないか滅多に獲れないので、あまり使用しない。同様に、カトザメやトトグチ、マメフグは漁獲されないか消費されないので、旧榎法華村では用いられない。ガンズは東岸部の太平洋側で食されるのに比べ、西岸部のせたな町では獲れはするが食することはないので、和学名のナガヅカをそのまま使用する。
- ⑤ 指示対象魚の大きさに関与するのかどうか疑問の残る方言語彙が存在する。
例：テックイは大きいという属性を持つのか、大きさに関しては中立で単にヒラメ一般を指す方言語彙にすぎないのか。ジャミイワシは『戸井町史』(1973: 898)によるとカタクチイワシを指示するが、調査協力者の説明のように魚種に関係なく小型のイワシの総称名であるのか。小さいサバをベロサバと呼ぶとされるが、ベロカツカは小さいだけでなく体表のぬめりも合わせた特徴を持つ魚である。語彙の前半を構成する「ベロ」の意味が「赤ちゃんのよだれ」であるとする、赤ちゃんとの連想からぬめりだけではなく小ささにも焦点が当てられているのだろうか。もしそうであるなら、小型のサバにも特徴的なぬめりがあるのだろうか。
- ⑥ 当該地域で漁獲されないが形状の似ている魚は、その和学名が転用されて方言語彙となる場合がある。
例：ハモ（和学名）は渡島半島海域では漁獲されないが、細長い形状で類似したマアナゴ（和学名）がハモ（方言名）で呼ばれる。本稿では触れていないが、マダコ（和学名）は獲れないが、主要魚種のみズダコ（和学名）の雌をマダコ（方言名）と呼称する（橋本(2016a: 44)、橋本(2016b: 130)）。因みに、みズダコの雌は雄（方言名はソーダコ）に比較して体は小さいが、美味で、高値で取り引きさ

れる。

- ⑦ 漁師と一般人との間で方言語彙の使用域に相違を示す場合がある。

例：旧楢法華村で現役漁師の田中氏夫妻はネボッケ、マキボッケ、チリメンを使用すると回答したが、ガソリンスタンドの経営者の小市氏は、知らない、使わないと答えている。せたな町の元漁師の西田氏は大型のマダラをゴンボダラと呼ぶと言っているが、郷土館学芸員の木村氏はバクダンを使うと述べている。後者は、おそらく形状が爆弾に似ているので命名されたと考えられるので、方言名というより、たとえば釣り仲間で用いられるジャーゴン(jargon)の可能性もある。ただし、ハゴドコの『岩内方言辞典』(2015: 193)からの引用にあるように、一般的に使われていない漁業関係者の間でのことだが、地元の一般人にも普及して使用が定着することにより方言語彙が成立すると考えられるのではないだろうか。

- ⑧ 調査地域に特有と思われる次の方言語彙が見出された：(15)ナベカツカ、(24)キンシャガ、(25)ダッコビ（ダッコではない）、(32)ガッジ、(34)ナガベロ、(36)アオバ（アオoppaではない）、(44)バクダン、(47)ガサエビ、(51)シルケ、(54)ババガイ、(55)マハモ（白いハモのこと）。

橋本(2016b: 143)では、方言語彙を生み出す要因として、次の3つを挙げている：

- A. 生態的に条件づけられた要因(Ecologically-Conditioned Factors)：風や潮流、地形や地理上の位置等の地勢的特徴、棲息する魚種などの自然条件に関わる要因。
- B. 社会的に条件づけられた要因(Socially-Conditioned Factors)：漁具や漁法の変遷、魚加工や食習慣、伝統行事や風習など、地域共同体における人間の営みに関わる要因。
- C. 言語的に条件づけられた要因(Linguistically-Conditioned Factors)：言語接触や借用、類推、拡張、転用、比喩等言語に関わる要因。

これら3つの要因は、比較方言学の観点から、双方向的な相互関係で作用すると考えられる。

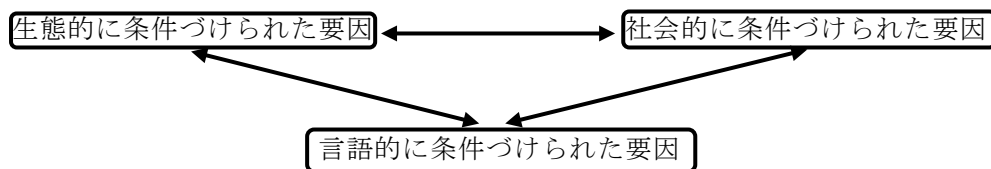


図1：3つの要因の相互作用

本研究で明らかにされた①～⑧の事項は、漁獲される魚種（要因 A）、食用や魚加工への利用価値（要因 B）、語彙の転用や比喩（要因 C）の相互関係が方言語彙の成立に関与していることを指摘している点で、図1の妥当性を支持している。今後、魚の名称だけではなく、他の漁業方言語彙に視野を広げること、さらに3つの要因の相互作用と語彙の成立のメカニズムを解明できるであろう。

4 結び

澁澤(1959: 67)は、先駆的で優れた魚名の研究の中で、魚名が伝播する条件として、「経済的または社会的」条件と「自然的条件」を挙げている。また、「人と魚の交渉が地方的にまちまちであり……＜中略＞……地方的にも特定の魚についてその特徴を認識する観点を異にした時に採用する語彙を異にし従って各種の魚名を生ずることが多い。」と述べている。渡島半島の東岸部と西岸部という比較的狭い地域でありながら、対馬海流の流れる日本海側と千島海流の流れる太平洋側、さらに両海流のぶつかる津軽海峡恵山岬沖周辺の魚種名を比較の視点から見ると、まさに澁澤(1959)が語るように漁獲魚種という生態的要因と魚の特徴を認識するという社会的要因が絡み合って、魚の方言名が決定されていく

のである。さらに、該当する魚種が棲息しない場合でも、同種とか近似種に関係なく、単に形態の類似や経済的価値の高さという社会的評価の同等性から、異なる魚に同じ呼称を付けて、それが方言名として定着する場合があることも事実なのである。本研究の寄って立つ比較方言的視点によって、近接した地域にあっても方言名の違いや指示対象のずれ、評価の相違のあることが判明した。この比較研究の領域を、漁業という産業と方言という言葉のつながりが指摘されている、津軽海峡を隔てた青森県の方言語彙をも対象に組み入れるならば、漁業方言語彙の分布と伝播および成立の実相と解明に、より一層迫ることができるだろう。

魚種方言名をできるだけ数多く収集し、使用実態に基づく語彙表を作成しデータ化する作業を通して、澁澤(1959)や塩谷(2016)で考察されてきた魚種方言語彙の構成メカニズムや類型研究にも新たな展開が期待できる。本研究がその端緒としての役割を果たせたのであれば、うれしい限りである。

謝辞

本研究は、平成26年度科学研究補助金（課題番号：26370523）の交付による「渡島半島東岸部と西岸部における伝統的な漁業関連方言語彙の比較調査」における研究成果の一部を公にしたものである。調査に辛抱強く協力して下さったせたな町在住の西田栄氏、木村浩太朗氏、並びに、旧楳法華村（現在函館市）在住の小市光子氏、田中末廣氏、田中美枝子氏に、心からの御礼を申し上げたい。なお、記述内容の不十分な箇所や誤り等の責任は、筆者ひとりに帰すものである。

注

[1] 省略記号は、次の通りである。

ToD: 旧楳法華村、SeT: せたな町、U: Used、NU: Not Used、NA: Not Attested、*: 回答の分かれるもの、#: 調査協力者のコメント、●: 文献からの引用、@: 筆者のコメント

[2] 基本的な語義は、調査協力者より得た情報と参照文献中に記載された説明に共通する部分を筆者自身がまとめたものである。ただし、文献中に記されていないものについては、専ら調査協力者により提供された情報に依っている。

[3] 調査協力者の発音に従った。

[4] 地名。せたな町中央部に位置し、鵜泊港を有する。

[5] 下海岸地方は、函館から見て東側、恵山岬付近までの海岸部を指し、旧楳法華村、旧恵山町、旧戸井町（3町とも現在函館市）に至る地域の総称である。本稿で言及する渡島半島東岸部と重なる。

文献

尼岡邦夫・仲谷一宏・矢部衛、『北海道の全魚類図鑑』，北海道新聞社，2011.

石垣福雄、『北海道方言辞典』，北海道新聞社，1983.

北檜山町史編集委員会、『北檜山町史』，北檜山町，1981.

木村盛武、『北の魚博物誌』，北海道新聞社，1979.

見野久幸・阿部典英、『北海道海岸方言 岩内方言辞典』，饗文社，2015.

塩谷亨，道南方言とハワイ語における水産物語彙について，北海道言語文化研究，第12号，2012，p. 33-42.

塩谷亨，青森県における魚類等の方言名について，北海道言語文化研究，第14号，2016，p. 93-118.

澁澤敬三、『日本魚名の研究』，角川書店，1959.

島田武，楳法華方言における「潮」、「塩」の発音について—一個人語のレベルでの一事例—，北海道言語文化研究，第12号，2014，p. 25-32.

瀬棚町史編纂委員会、『瀬棚町史』，瀬棚町，1991.

地方独立行政法人青森産業技術センター水産総合研究所ホームページ，<http://www.aomori-itc.or.jp>，2015年

3 月 13 日最終閲覧.

戸井町史編集委員会,『戸井町史』, 戸井町, 1973.

日本魚類学会,『日本魚名大辞典』, 三省堂, 1981.

橋本邦彦, 渡島半島東岸部の漁業関係の語彙, 北海道言語文化研究, 第 10 号, 2012, p. 23-37.

橋本邦彦, 渡島半島東岸部の漁業及び海事関係の語彙について, 室蘭工業大学紀要, 第 62 号, 2013, p. 69-80.

橋本邦彦, 榎法華村における「風」及び「潮」・「波」に関連した方言について, 北海道言語文化研究, 第 12 号, 2014, p. 3-23.

橋本邦彦, 榎法華村における「漁具」、「漁法」、「魚種」、「魚加工」に関連した方言語彙について, 室蘭工業大学紀要, 第 64 号, 2015, p. 85-97.

橋本邦彦, 渡島半島西岸部せたな町の漁業方言語彙～東岸部旧榎法華村との比較の視点から～, 室蘭工業大学紀要, 第 65 号, 2016a, p. 41-52.

橋本邦彦, 渡島半島東岸部旧榎法華村の漁業方言語彙について～西岸部せたな町との比較の視点から～, 北海道言語文化研究, 第 14 号, 2016b, p. 119-145.

水島敏博・鳥澤雅,『新 北のさかなたち』, 北海道新聞社, 2003.

The Dialectics of Auto- and Hetero- stereotypes in the Perception of German and Japanese Students

Jessica HASS^{*1}, Sylvia WAECHTER^{*1} and Margit KRAUSE-ONO^{*2}

(Received 6th July 2016, Accepted 10th February 2017)

Abstract

How do Japanese and German students perceive themselves and each other? How do auto- and hetero-stereotypes in the mutual perception relate to the construction of collective identity? These questions are investigated in the study at hand. In 29 qualitative, semi-standardized one-hour interviews, university students in Germany and Japan are asked about their self-perception and the perception of the respective other culture's members. Only by comparing the "self" (in-group) to the "other" (out-groups), can the "self" be recognized. Communities need to rely on stereotypes for the construction of a shared identity, because collectives like national cultures always present imagined communities (cf. Anderson 2006). The shared narrative is necessarily selective and based on the omission of that which would separate the community's members. That which unites the community is emphasized. The results of the interviews demonstrate the relativity of the mutual perception and help to understand the dialectics of auto- and hetero-stereotypes.

Keywords: auto-stereotype, hetero-stereotype, identity

1 INTRODUCTION

In 1922, the journalist Walter Lippmann first used the term stereotype to approximate a concept in the social sciences. Before that, stereotype was well known and used in the printing industry where it referred to the printing plate which contained the cast page layout. This was a natural choice, given its Greek origin *στερεός* (*stereós*), meaning firm or solid, and *τύπος* (*typós*) meaning impression. Lippmann, however, defined stereotypes as:

“...an ordered, more or less consistent picture of the world, to which our habits, our tastes, our capacities, our comforts and our hopes have adjusted themselves. They may not be a complete picture of the world, but they are a picture of a possible world to which we are adapted” (Lippmann 1997, 63).

Besides stereotype there are other terms such as cliché and prejudice which seem to refer to the very same concept as stereotype. While this can be granted for the term cliché, a near synonym for stereotype, prejudice and stereotype cannot be equaled that easily. Their relation is more complicated. Researchers Thomas (2006) and Fiske (1998), for example, define prejudice as a social attitude which displays or is made up of affective, cognitive and behavioral parts. Following this definition, as a stereotype comprises only the cognitive part, it is a sub form or special form of prejudice. Accordingly, stereotype refers to all the traits, features, attributes which are used to describe a social group.

There are researchers, such as Kleinstauber (1991) and Bergmann (2005), who emphasize that stereotypes and prejudices display solely negative attitudes towards a group or an individual belonging to this group. Other authors, however, also add or include positive attitudes, e.g. Quasthoff (1973), Hahn (2002), and Thomas (2006). There is agreement though, that stereotypes are mental images. They represent a special kind of social attitude aimed at groups or persons who are members of a group. These images are therefore present in the cognitive part of prejudice.

^{*1} Berlin University of the Arts

^{*2} College of Liberal Arts, Muroran Institute of Technology

They tend to be emotionally judgmental, positively or negatively. The characteristics attributed to a group, are simplifying and generalizing. To summarize, stereotypes that are shared within a society/group/culture, are rarely based on facts and detailed knowledge about the person or group in question, but are rather preconceived judgments. Stereotypes are constant and universal and therefore hard to change.

According to Manz (1968) there are at least two types of stereotypes: hetero-stereotypes referring to a group to which one does not belong (out-group), and auto-stereotypes which refer to a person's own group (in-group). A vital point is added by Bolten (2007), who stresses the importance of suspected hetero-stereotypes, which he calls meta-images: What individuals or groups suspect others think about them is related to their auto-perception as well as their hetero-perception. Human cognition, as well as social dynamics such as intergroup relations, is responsible for stereotypes being formed. Several theories have been developed to explain the origins of stereotypical thinking, both on the intrapersonal and the interpersonal level.

Human perception is highly selective in order to reduce information influx or at least to avoid information overflow. Therefore, what an observer sees depends on his or her habits of perception. Lippmann stipulates that "humans, in their role as observers, are selective and creative" (1997, 54) and hence dependent on their personal experience. "In order to get along with the chaos of the outer world when perceiving and cognitively processing it, they fall back upon the concepts predefined for them by their culture in stereotypical form" (Lippmann 1997, 59).

Anderson's schema theory (1977) based on Piaget (1936), sees human perception not just as a passive process; but rather as a filter mechanism which reduces complexity and making orientation possible. Bolten (2007) shows that newly perceived information is organized with the help of already existent schemata. This mechanism leads to ignoring or discarding information which cannot be sorted into a person's repertoire of schemata. Information directly contradicting these schemata is often perceived as a source of confusion and irritation (Festinger 1957 on cognitive dissonance). In this case, there are two possible outcomes: either, the contradictory information is classified as an exception to the rule (Maurer, Park & Rothbart 1995) which confirms and reinforces the original schema even further (Johnston & Hewstone 1992), or, more rarely, the schema will be reorganized. The latter outcome, however, requires not only a high amount of cognitive energy, but also causes disorientation. Therefore, humans unconsciously prefer information that is consistent with their world views. "[...] the need of economizing attention is so inevitable, that the abandonment of all stereotypes for a wholly innocent approach to experience would impoverish human life" (Lippmann 1997, 60). Thus, stereotypes incessantly reproduce themselves. For humans it is therefore close to impossible to free themselves from every stereotypical, generalizing or categorizing kind of perception.

There are various theories which attempt to elucidate the origins of prejudices and stereotypes. One of them, such as the theory of social learning (in accordance with Bandura and Walters, 1963) states that stereotypes and enculturation are linked; e.g. whenever observations of differences between social groups are made, influence will be exerted on members of the group by their peers. Most of our images and attitudes are formed during our socialization (Maletzke, 1996, 120). We all absorb various stereotypes and prejudices prevalent in the society in which we are raised. The sources or origins of this are mainly: family, school, peer-groups, church and also mass media. Via the latter we gain an important part or portion of our worldview(s), although this consists solely of secondary or better virtual experiences.

Another source or reason for stereotypical thinking can be found in the mechanisms of intergroup dynamics. No matter how small the traits or features on which membership in a group is based, they are sufficient to cause discrimination once they are identified as traits of an out-group. Tajfel (1982) found sufficient evidence for it in intergroup experiments. The moment it becomes possible to differentiate between in-group and out-group (social), the necessity is felt to distance and distinct one's own in-group from other groups perceived as out-groups. To do this seems to be important in order to form a positive and distinct social identity as has been shown by Social Identity Theory (Tajfel & Turner 1986). Stereotypes and prejudices are mechanisms which serve to strengthen the ties within the in-group. In consequence they often lead to judgement of the behavior of out-group members as group-specific rather than as individual traits or personalities. In order to give a better overview of the different functions of stereotypes and prejudices, Thomas (2006) divided those into six groups:

(1) Orientation: In a complex social environment, stereotypes and prejudices enable one to navigate quickly. They help one categorize people and situations nearly instantly, while still remaining capable of acting and reacting quickly.

(2) Adjustment: Via prejudices and stereotypes it is possible to adjust quickly to new social environments with their prevalent values, attitudes and norms. Doing so results in social reward and a recognized status which minimizes social sanctions.

(3) Resistance: With the help of stereotypes and prejudices, feelings of guilt or inner conflict and self-critique can be refuted. By discriminating against and devaluing out-groups, a more positive self-perception or self-image can be gained. This social comparison combined with positive outcome satisfies a major human need.

(4) Self-expression: Stereotypes and prejudices offer the opportunity for self-expression within the in-group as long as the communicated prejudices, which are claimed to be objective knowledge, are shared by other in-group members and therefore deemed desirable.

(5) Identity: Prejudices and stereotypes reinforce the collective spirit of the in-group. By notably closing the group off

against the out-groups, they help define and strengthen an identity (see also Bolten 2007).

(6) Control/justification: Stereotypes and prejudices are used to regulate or control behaviour towards certain persons, contexts or objects. Furthermore, they serve as belated justification for one's behaviour when prejudiced or stereotypical social attitudes are adjusted to an already performed act or behaviour.

Regarding cultural stereotypes, it is necessary to understand the underlying idea or notion of culture. In 1843, Gustav Klemm (1843) published "Allgemeine Culturgeschichte der Menschheit" and defined culture for the first time in a broad sense. Since then innumerable definitions of culture have emerged. By 1952, Kroeber and Kluckhohn already assembled more than 150 different definitions and it did not stop then. In 1999, Bolten undertook to summarize the numerous definitions of the term culture into three theory groups, each focusing on a different perspective or outlook:

a. The material culture theory focuses on the entirety of artifacts of a society's effort. Monuments and memorials are artifacts, as well as factory buildings, and clothes, in fact, everything perceptible via the senses. Therefore, material culture is limited to the Perceptas (Bolten, 1999, 11).

b. The mentalist culture theory interprets culture in a purely immaterial way. Not the Perceptas but the Konzeptas are emphasized. These are the collectively shared values, attitudes and norms. They cannot be described directly, but have to be deduced from the observable reality (Bolten, 1999, 12).

c. The functionalist culture theory defines culture as an orientation system (Thomas 2005) which is necessary for the social practice of a society, organization or group and is closely related to the notion of normality. Specific everyday actions could not refer to unquestioned assumptions of normality if certain conventions of social actions did not exist (Bolten, 1999, 12).

As Bolten (1999) points out, there is however, a tendency toward an integrative view. Thus, culture is seen as an orientation system which can be described via the Perceptas and explained via the Konzeptas. The term culture may be applied to different levels of society. In this paper, the term refers to national culture. The concept of culture is not the same as the concept of nation as within a national culture one can find innumerable subcultures which are not necessarily of an ethnic nature. Culture though, can also extend beyond the political boundaries of a state. Culture, in the sense of national culture used here, is a convenient simplification.

2 METHODOLOGY

As the aim of this paper is to gain insight about the quality of stereotypes in the mutual and self-perception of Germans and Japanese, a qualitative approach with its open, exploratory nature has been adopted.

This study was carried out in 2015/2016. Its basis is 29 qualitative semi-structured and questionnaire-based in-depth interviews with university students from Japan and Germany. On average the interviews lasted one hour and all were recorded and transcribed afterwards. All quotations in this study were translated from the original German and Japanese interviews into English.

None of the participating students had spent more than four weeks in the opposite country. This limit was established to prevent any possible reflective altering of existing stereotypes which might happen during a longer stay or period of study in the other country. Such a case would become a potential source of distortion.

In the German group of interviewees, the female/male ratio was ten to four, whereas for the Japanese group the ratio was five to ten. The German students were between 18 and 31 years old, the Japanese between 19 and 24. The German participants were students at various universities in Berlin, while the Japanese were students at a national university in the north of Japan. The composition of the groups of interviewees might not be the most representative; however, important tendencies in their respective perceptions could nevertheless be detected.

2.1 Questionnaire

The interviews were conducted on the basis of a flexible questionnaire which comprised the following questions:

A) When you think of the country Japan/Germany or things Japanese/German what kind of associations come to your mind? Please name as many as possible (preferably nouns).

B) When you think of Japanese/German people, what characteristics come to your mind? Please name as many as possible (preferably adjectives).

C) When you think of Japanese/German people, what kind of actions do you associate with them or come to your mind? Please name as many actions as possible (preferably verbs).

D) How do you imagine a typical Japanese / German? How is he/she as a specific person? Please describe that person. What is his/her name? What does he/she look like? Please describe, for example, his/her character traits, life, relationships, profession, leisure activities, values, ideas, conflict behaviour or any other aspect you would like to talk about.

Japanese students were first asked about their perception of Germany and Germans, while the German students were asked about their perception of Japan and Japanese. The interviews then continued with a repetition of all questions, now referring to the interviewees' own culture with a view to uncovering their self-perception.

In the questionnaire, the interviewees were first asked for nouns, adjectives and verbs, that is, open lexical categories that

encode meaning in various ways. By applying this multi-dimensional approach, it was possible for the interviewees to describe their perception using different linguistic (and potentially also mental) patterns. Thereby, more diverse kinds of answers were generated during the interviews. The last question requested the description of a stereotypical person thus enabling the students to gather their concepts into a more complex description. Asked to use their imaginations, further concepts which had not immediately come to their minds might be tapped. In total, the questionnaire was designed as an open and flexible tool; the order of the questions could be changed following an interviewee's flow of thoughts, while it was also always possible for the interviewer to add further questions if deemed necessary.

2.2 Interview Settings and Interview Technique

Although the interviews were based on a questionnaire, its structure did not ask for a rigid application. The interviewer had the option to dig deeper where necessary and to better follow the interviewee's train of thought. Therefore, each interview turned out to be quite different in length. The shortest interview took 35 minutes, while the longest one took 93 minutes. This variation in time is due to the different personalities and temperaments of the interviewees.

Directly before the start of each interview, interviewees were asked to answer as honestly and as directly as possible and to name positive aspects as well as negative traits of each culture. In order to reduce social desirability effects of the type discussed in the following section, the interviewer told the participants to not only talk about their own opinion about Germans and Japanese, but to additionally name stereotypes which they knew existed, even if they did not agree with them. Finally, the interviewees were informed that they would remain completely anonymous in any publication of this study's results.

2.3 Methodology critique

The kind of research carried out for this study is often seen as involving a high risk for social desirability effects (Crowne & Marlowe 1960; Bortz & Döring 1995). This means that the results might be distorted due to the interviewees' tendency to give perceived socially desirable answers. The possibility that the interviewees consider it socially undesirable to base their opinions on stereotypes or prejudices cannot be denied, since the everyday understanding of these concepts is partially determined by their normative, moral connotations (cf. Bergmann 2005, Bolten 2007). Of course, this only applies when prejudices are consciously exposed as such.

The face-to-face setting in which the interviews took place could also increase the above risk. To this end, all interviewees were encouraged to mention stereotypes that they knew existed in the public opinion, even if they distanced themselves from them, thus offering a way out of potential discrepancies between their thoughts and socially desirable behavior.

Finally, language itself represented a considerable challenge during the research. As mentioned above, the interview transcriptions were translated into English. Although the translation was kept as close as possible to the original, distortions are unavoidable, since language holds many culturally dependent connotations (see, for example, Koskensalo 2000, 181 ff.) and a 100% exact translation is impossible. Deciding among various possible translations for a word or an expression already constitutes an evaluation. There are also words for which no corresponding linguistically encoded concept exists in the other culture's lexicon and thus cannot be accurately translated.

3 SUMMARY OF THE INTERVIEWS

As the following summarizing analysis of student perceptions is based on interview material of about 30 hours, it is not possible to be fully faithful to the complexity of the observed perceptions. It must also be stressed that the perceptions and stereotypes presented hereafter do not include any personal opinion of the authors of this paper about the German or Japanese culture. Moreover the authors distance themselves from the idea that cultures or nations, respectively, compose any kind of common national or cultural character. However, stereotypes as social constructs in discourse become a social reality of their own and are therefore worthy of investigation (cf. Milling 2010).

3.1 Japanese auto-stereotype

Asked for concepts that come to their mind when they think of their own country, most Japanese students first named gastronomic aspects such as Japanese food and sweets, then green and beautiful landscapes, Mount Fuji, cherry blossoms and four separate seasons were equally presented. According to the interviewees, harmony, peace and safety are strongly associated with Japan:

<1> *Japan is a country full of good things. There is nothing bad; a peaceful country or a country at peace.*
(Interview-partner Japanese 12 = IPJ12)

<2> *And then peace, I mean peace where one lives. Things are very calm. I have never witnessed any criminal acts. One rarely hears about such things. In my neighbourhood I have never seen any criminal acts, well there was a fire once, but that's all. Normal daily life is very peaceful.* (IPJ14)

The people as well as the country's politics are perceived to be kind and mild on the one hand, while on the other hand

the students often emphasize problems of unassertiveness caused by the island's isolated political and geographic situation. Japan is seen as very well developed technologically and producing excellent electric appliances. Its culture is evaluated as unique, different and of strong originality. Japanese architecture comes to the interviewees' minds as well as manga and the Japanese language. Courtesy, manners and etiquette, along with traditions, martial arts, and kimonos as traditional Japanese dress are firmly related to the country. At the same time, the interviewed students claim a quick paradigm shift and conflict between the older and younger generations. Today's Japan therefore is not the typical traditional Japan of the past anymore:

<3> *Today's Japan and the Japan of former times are different... When I think of Japanese of the past, I find more typical Japanese. ... The Japanese of today do not have the original Japanese culture...* (IPJ6)

<4> *There is a huge gap between the moral concepts/ideals/values of the older generation and those of the younger generation... Since there is obviously a huge gap, one gets the impression that we are fast at changing our worldview, there is a fast paradigm shift.* (IPJ10)

Some interviewees mention World War II and the fact that Japan, as a country which lost the war, has not coped with it as equally well as Germany.

Interestingly, some Japanese participants mention a yearning to go abroad to countries overseas:

<5> *Japanese have a yearning/longing towards foreign countries overseas. Especially towards Europe and the States this feeling is strong.* (IPJ14)

The (stereo-) typical Japanese person in the students' eyes is clearly male. They describe some students, but mostly middle-aged to older men who work in offices in intellectual occupations and live alone or with their families. The typical Japanese is not very tall, slim, has black hair, a yellow skin tone and wears glasses. The Japanese are sober, serious and extremely hard-working. They work many extra-hours, often not coming home before 10 pm.

<6> *They work a lot of overtime. ... Even if they are tired, they will continue working hard nevertheless* (IPJ12)

<7> *...he leaves home in the morning and works until 22:00 or 23:00 and then goes home and does only necessary things, nothing more, and goes to bed.* (IPJ9)

Japanese prefer to work alone and concentrate hard. Besides being strictly punctual, conscientious and obedient, they carry out given tasks in a diligent, obstinate, meticulous way. They are modest and humble, appreciate cleanliness and dislike confusion. At the same time, according to the interviewees, Japanese are very kind and gentle, polite, meek, docile and mild-tempered, but many students also mention certain ambivalences.

<8> *...they are not sincere when they act kindly since they do so, for example, to protect themselves... so there is always a flipside to kindness/attentiveness...* (IPJ9)

Being mild and meek also brings with it a certain weakness and ambivalence.

<9> *Japan is very kind, mild and unassertive. ... In their thinking they ponder each and every step in deep detail, finally ending up thinking too much. Japanese are kind but weak.* (IPJ12)

Working so hard leads to being worn-out, tired and depressed:

<10> *He is rather thin and does not look healthy. ... He works so hard and for so many hours, he gets so tired and worn out that he just wants to rest and relax when he is home. He does not want to go anywhere. So in his private life he is isolated and alone.* (IPJ7)

According to the Japanese students, being reserved and shy represents another typical Japanese trait. Japanese are not very communicative; they have difficulty in expressing themselves and their opinions, especially as they shy away from standing out. Instead, they cultivate the ability to recognize fashion trends in order to always follow the mainstream.

<11> *People are very sensitive and susceptible about things which are in fashion or popular or things everybody talks about. ... Japanese like things that are in fashion or which are popular.* (IPJ14)

<12> *Just form a group and then adjust somehow in one way or another. Things which have become famous or are in fashion, people tend to flock there.* (IPJ3)

Japanese like to build or produce things, especially electrical appliances. During their free time they prefer to stay at home, relax and recover from their hard work. Moreover, Japanese enjoy television entertainment. However, the interviewees also name leisure activities related to going out, socializing and traveling to the countryside with the family.

According to the interviewees, Japanese people do not like to get involved in trouble. In a conflict, they prefer to show a cheerful face instead of admitting any kind of problem.

<13> *They don't say what is really up and rather keep a stiff upper lip.* (IPJ2)

People don't like to get involved in something which becomes complex or is a problem.

<14> *They don't want to get involved in things which are troublesome. ... He strives to live in peace and tries to avoid trouble or to raise any problems. ... If things are calm and he is left in peace, everything is fine.* (IPJ3)

<15> *They tend to stress the importance of (keeping the) atmosphere and group harmony and don't reveal their own feelings.* (IPJ9)

The Japanese tend to value the opinions of the people around them higher than their own preferences. The interviewees emphasize the Japanese group orientation and describe people who like to gather and move in groups and form queues.

<16> *They walk a lot and in groups. ... They like to do things in groups. Things they would never start to do*

alone they will do in groups of many people. (IPJ5)

<17> Japanese like to queue or form a queue. Even if it means that they have to wait a long time. (IPJ3)

Helping others, especially the family, represents an important value in Japanese society. One purpose of working hard is to earn money to support the family and to guarantee children a safe future. Nevertheless the participants of the study mention that, compared to Germany, the future is less important than the present. Although they desire more free time for leisure, fulfilling duties and accomplishing a lot of excellent work in their lives is obviously very important for Japanese people. As a high social status is claimed to be essential, a Japanese is

<18> "...constantly afraid that he might not be able to meet the standard" (IPJ9).

The highest aim of the Japanese's actions lies in living a harmonious, peaceful, safe and stable life.

3.2 German hetero-stereotype

Sausages, meat, tasty food and beer are very common associations with the country Germany in the Japanese participants' minds. Soccer and cars are present, as well. While many students name concepts connected to the country's history, such as Hitler, the Nazis, and World War II, as well as the division and reunification of the state, they admire how German society coped with its dark past and contrast it to their own country:

<19> Also, concerning the war, how this was dealt with in Germany and how this is settled, is far more advanced than in Japan. (IPJ15)

<20> After the war, in Germany there was a real war-trial. In Japan, the trial about the war, there was no real repentance about what they had done and no image of how to rebuild the country. In Germany however, the society as a whole was involved to become a better country. In Japan, quite some people still believe the main or top criminals of war were not bad. There is a difference in awareness, although both countries have lost the war. (IPJ3)

Germany's democracy is in part perceived as more advanced than democracy in Japan. Furthermore, the interviewees emphasize the country's close diplomatic relationships to its neighboring countries and its leading role in the European Union in terms of economy and technology. Wind power and the abandonment of nuclear energy represent equally strong mental associations. Additionally, cultural aspects like philosophy and the German language are mentioned. The interviewees compare German architecture with its lined up brick houses to the very different architecture in Japan. Furthermore they think of historic buildings such as Neuschwanstein. Finally, some students claim Germany to be a very popular place to go for exchange students.

<21> Germany is about the place I want to go as an exchange student. (IPJ2)

<22> A fellow student, who had studied one year abroad, talked about the many foreign students in Germany and in other European countries, so there are exchanges and encounters. (IPJ6)

The Japanese interviewees imagine the (stereo-) typical German person as clearly male. Only one participant describes a female representative. They describe university students and middle-aged craftsmen, who are often self-employed. Around half of the described persons are married and live with their families; the other half lives alone. According to the interviewees, Germans are typically tall with muscular stature and broad shoulders. Interestingly, some students mention that German noses are longer.

The Japanese interviewees describe Germans as truly kind, warm-hearted and broad-minded on the one hand, but also as egoistic and self-centered on the other. They are seen as very strict towards others and themselves. Moreover, the Japanese interviewees focus on the alleged straightforwardness of the Germans, not only in reference to their communication style, but also as to mental attitude. Germans are claimed to be very self-confident and to have strong and firm minds. At the same time they are hasty and quick-tempered. If they are determined to do something, they follow their plan and transform it into reality:

<23> In general he focusses on one or very few things and puts all his energy into it/them. (IPJ2)

<24> ...then their energy and taking actions is amazing. (IPJ6)

In conflicts, they express their opinions directly and frankly, even overriding others. Furthermore they often react angrily.

<25> In debates or discussions he does not listen to what others have to say. He only expresses his own opinion in an overriding way. (IPJ12)

Just like the Japanese see themselves, Germans are seen as sober and earnest, polite, tidy, organized, punctual, and to work accurately as well. However, while the Germans' attitude towards their work is passionate and they take work very seriously, they work far fewer hours than the Japanese.

<26> He is serious about his work, his private life he wants to lead leisurely. He does not want to bring work into his private life. ... He goes to work at the same time and goes home at the same time. ... He works seriously during work-time. Once that is done, it is done and over. (IPJ2)

Germans value their free time very highly and follow a daily routine coming home around the same time every day. When not working, they appreciate time spent outdoors, hiking in the mountains, having barbecues or going out with their family and friends. Playing and watching soccer represent equally strong associations, as well as listening to music and reading books.

The Japanese interviewees describe Germans as generally happy and cheerful persons, who are content with their lives. Close people like family and friends are very important to them, therefore they desire to get married and have a family themselves. In order to lead a leisurely life, it is important for them to succeed in having a secure job with a fixed income. At the same time, they highly value their professional careers. Some students mention that Germans work not only for their own sake, but also have in mind the greater good and their contribution to society.

<27> ...they are all aware that they are working for an industry within a state - a certain sense of belonging to a state, maybe; one can get the impression that they want the state, Germany, to have a certain powerful position in the world – powerful not in a bad sense. (IPJ9)

Consequently, they feel responsible to protect and take care of youngsters as well as subordinates at the work place.

<28> It seemed to me that they take care of those younger than themselves. ... At work he is severe, however, given his age, he holds a certain position and therefore he looks after his subordinates, supervises them rigorously, but also helps them to learn the ropes. He is probably a person who is really into education and educating: at home his children and at the workplace his subordinates. (IPJ14)

According to the interviewees, in contrast to the Japanese, who tend to primarily live in the present, Germans tend to plan decades ahead.

3.3 German auto-stereotype

Besides the classic mental images of beer, sausages and soccer, when German interviewees think of their own country, geographical aspects quickly come to their minds: the Baltic and North Sea; various mountains and forests, beautiful and diverse landscapes are as present as big cities like Berlin, Hamburg or Munich; every region is claimed to have its own culture.

Germany's dark history, Hitler, the Holocaust and World War II, as well as the Berlin Wall and the reunification of East and West Germany are ascribed to the country as much as her current leading role in the European Union, the close relationship to other countries and the political values of democracy and freedom. Angela Merkel and federalism are often mentioned, as well. The suspected hetero-stereotype plays an important role in this context.

<29> Many say: Okay, Hitler and war and World War II and somehow Holocaust and persecution of Jews and all that political stuff that happened here, but I don't have that in myself, that is why... this is what comes to other people's minds. (Interview partner German 2 = IPG2)

<30> This whole Nazi history. Kind of that Germans are still perceived as Nazis or so... abroad. (IPG4)

<31> A comprehension of democracy. An open social system. Freedom for the citizens. Equal opportunities. (IPG3)

The country's economy is marked by big companies, the car industry, crafts and the quality brand: Made in Germany. Punctuality, cleanliness and order, as well as an exaggerated bureaucracy are equally important in the interviewees' imagination as ecological consciousness and a successful social welfare system.

The students experience a gap between narrow-minded attitudes, PEGIDA (civil movement: Patriot Europeans against the Islamization of the Occident), the AfD (right-wing German party) and the hatred of strangers on the one hand, and liberal, open and broad-minded attitudes on the other hand. The capital Berlin is claimed to fulfill a special role and to be rather atypical with its welcoming openness.

<32> As I live in Berlin, I think I have a different perception of Germany. So here in Berlin it's so multi-cultural and it is so... here I have the feeling it is totally open, everyone is welcome... and that's why it's somehow not really Germany. Well, I don't really have a definition for Germany, but I know it's different at my parents' or generally in the country. (IPG2)

<33> But I also think that Berlin is not really representative for the rest of Germany. I have the feeling that elsewhere it is more conservative than in Berlin. (IPG6)

The typical German according to the German interviewees is torn apart between two extremes, as well. Naturally, all described images are complex and paradox in themselves, however, the German participants explicitly claim a polarization between the uneducated and intellectuals, the old and the young, people living in the east and in the west, the cities and the countryside, politically conservative/extreme-right and politically liberal attitudes.

<34> And then I always have the feeling it's separated between two extremes: some are totally social, the others less, somehow... divided... and one half is like... arms open somehow... and the other half rather... we don't want strangers, well, closed, typically German. (IPG2)

<35> Democracy. But unfortunately currently also a lot of stupidity. ... In the sense of PEGIDA and xenophobia and so. ... If I put it simply: two classes. The intellectuals: very liberal, democratic, open, broad-minded, European and so. And then, unfortunately, a very big mass of uneducated people who are totally fearful because of their lack of education. Hostile to strangers. Over-conservative. (IPG11)

The German participants imagine the typical German as clearly male and describe university students and youngsters in professional training, as well as middle-aged to older people who work as craftsmen, as teachers, in public service or as employees in offices. They are described as dark blond, tall, have broad shoulders and are either sporty and slim or fat

with a beer belly. According to the interviewees, the typical German is dressed rather decently at work and more relaxed at home. Furthermore functional clothes like hiking shoes or rain coats are claimed to be typical for Germans. The described Germans live either in big cities or in suburbs and small towns, and own the homes in which they live with their families. Small family houses seem to dominate the perception.

<36> *He definitely owns a house. But not paid off yet. A duplex.* (IPG3)

<37> *A family dog. A family house.* (IPG5)

Mostly, the interviewees perceive Germans as punctual, orderly, diligent and ambitious. Interestingly, they often distance themselves from these virtues:

<38> *That one is punctual. Although I wouldn't say this is always the case. Well, I am not that punctual.* (IPG9)

Moreover, the Germans are perceived to work efficiently. During their free time, the Germans allegedly like participating in sports such as soccer or biking. They enjoy spending time outdoors in nature and hiking. Spending time with family and friends at home or outside is important for them. Gardening, putting up garden dwarfs and barbecuing represent preferred activities as well:

<39> *And a garden, which he takes care of during the weekends with his wife. That seems typically German to me.* (IPG5)

Watching soccer with friends represents another dominant leisure activity in the interviewees' perception. According to the interviewees, they appreciate the emotional group dynamics brought about by soccer, particularly in a big stadium during a live game.

<40> *Well, I think he likes such group dynamics a lot. What I said before: Watching soccer... that he goes to special games and totally celebrates... and he totally enjoys it and loves this whole atmosphere.* (IPG2)

Finally, traveling is perceived as very important. Germans like to travel a lot and families go on journeys at least once a year.

The typical Germans appear to be of two types: reserved, introverted, serious and unrelaxed; contrasted with relaxed, kind and hospitable, open, warm, broad-minded and social. While the first type is also described as petty, unhappy with his own life, permanently complaining and sticking to rules to an exaggerated extent, the latter is perceived as cheerful, humorous, uncomplicated and happy with his private and professional life.

<41> *A totally cheerful personality, seems charming to many people, well ... who simply laugh with her. She is funny, relaxed, doesn't have a hard time getting to know other people.* (IPG14)

Germans tend to either confront problems directly and openly or to avoid conflicts completely. Some become angry easily; others stay calm and focus on the solution of a problem. Germans are claimed to be easily offended, but to give in quickly.

<42> *I would say... in each case rather emotional. And let's his anger out. Sulks a little, maybe. But he calms down again, too.* (IPG1)

The unhappy type of German is also very conservative, materialistic and drives a car which serves as a status symbol.

<43> *Germans define themselves depending on the car they drive.* (IPG7)

Safety and financial stability are said to be very important:

<44> *Well, some sort of safety... to have a fixed job... and a household... and somehow... I bet... or I suppose or imagine him to have all kinds of possible insurances. Whatever can be insured is insured.* (IPG2)

The happy German type, on the other hand, is politically liberal or leads an alternative lifestyle. He stands up for his own convictions, does volunteer work, e.g. to support refugees. He tends to be a vegetarian and tries to protect the environment.

<45> *Well, I also connect an ecological consciousness with the Germans. Not so common still, though. And somehow vegetarianism.* (IPG10)

Family is very important for both types. Young people want to have a family in the future, even if for the time being they have difficulties deciding on or finding a partner. They spend a lot of their time together with their families; having breakfast together, going on trips or helping the children with their homework, for example.

<46> *Maybe once in a while activities with his kids... like going to the zoo or so.* (IPG10)

However, a distinction is made between families with a warm and close relationship between parents and children on the one hand and parents who are not seriously interested in their children except for the fact that they expect them to succeed at school or university.

<47> *They get along well. And they are proud of her, because she did so well at university, in spite of working.* (IPG14)

<48> *Then he has two kids, who go to school. But he isn't really interested in them.* (IPG2)

<49> *He would also try to get his children to the Gymnasium (academic high school) and to get good marks at school. I'd say, that's important to him.* (IPG10)

Overall the unhappy type is, in variations, described more frequently than the happy German and therefore is supposedly more dominant in the participants' perception.

3.4 Japanese hetero-stereotype

Contrasts also mark the German participants' perception of Japan and the Japanese, although the polarization between different poles is not as dominant as in their auto-perception. Asked for their mental associations with the country Japan, besides gastronomic aspects like sushi, rice and fish, the German interviewees mostly emphasize the alleged stress and hectic life in big cities like Tokyo, which they imagine to be crowded, overpopulated and marked by huge skyscrapers. They think of smog and the lack of blue sky. On the other hand, beautiful landscapes with green, calm and idyllic forests, rice fields and mountains, the sea, gardens and cherry blossoms come to their minds as well.

<50> *Somehow I always connect stress with Japan, I must say. ... And well, big cities, many people, restlessness... somehow the effect seems still very hectic. I believe, the language seems hectic and very high pitched. And... sometimes I also think that they are like small ants, working a lot. (IPG2)*

<51> *Japan... my image is divided... on the one hand because of Tokyo, a huge city... well, I associate trouble... many colors... and very technical. And at the same time this other image, the country, actually very idyllic regarding the landscape and very careful, concentrated and selected. On the one hand this focus on technology... overkill because of the big city, but also calm. (IPG6)*

Historical aspects like the dropping of atom bombs in Hiroshima and Nagasaki and World War II seem to be very present in the interviewees' perception. Particularly the catastrophe of Fukushima is of utmost importance, as it is often one of the first associations named. Earthquakes and natural disasters are said to be very common on the islands, as much as nuclear energy is perceived to be very important.

<52> *And at once Fukushima is in my head somehow. That I thought, when this happened... I had the feeling... wow... the whole of Japan is not there anymore. And that's why it seems totally strange to me that everything is open again and over or so. Although the radiation is still there and poisons the sea. (IPG4)*

The country Japan is perceived to be technologically highly developed, just like Germany. In contrast to that, old traditions like the Samurai culture, Buddhism and temples are emphasized, too. The traditional kimono is contrasted with the modern, colorful, hip and even crazy dressing style, which is seen as a reference to manga culture. Besides manga and anime, the interviewees strongly associate arts and handicrafts in general with Japan. Japanese literature and the Japanese language with its artful script seem to be present in their minds. Some interviewees state that Japan composes a wholly different culture than Europe.

<53> *For me, Japan is the culture which is most different from Western culture. (IPG7)*

When asked for the (stereo-) typical Japanese person, interestingly this imaginative person is clearly younger and more feminine than the German auto-stereotype. The German students often talk about university students, teenagers and even children, which might be connected with the small, slim and slender physical appearance they describe. Older persons are mostly office employees, whose work is either connected with technology or with art and design. Accordingly, an elegant fashion style is associated with the physical appearance. Men in suits and girls in school uniforms mark the German interviewees' image of the Japanese.

<54> *I always have that image of them looking all the same. I always see men in suits and children in school uniforms. (IPG7)*

The typical Japanese person according to the German interviewees lives with his or her family in a very small apartment in a huge skyscraper in Tokyo. Younger people tend to be singles, older people tend to be married and have children. The Japanese are typically perceived as very friendly and hospitable, polite and open, but mostly as very reserved and controlled. As they do not want to offend anyone, they do not honestly express what they think or feel.

<55> *They would never show their feelings or emotions publicly, I think. (IPG7)*

When they have to deal with a problem or conflict, they tend to avoid confrontation and prefer to endure the conflict silently, particularly when authorities are involved.

<56> *She moves back to her room and is totally calm and doesn't say anything and simply endures it. (IPG2)*

With a peer, in contrast, a confrontation is possible; however, in this case, the Japanese strive for balance and compromise as well.

<57> *I would say, well, I believe he searches for communication in each case. And... stays faithful to his opinion. ... but is also willing to compromise and would take himself back. (IPG1)*

When Germans think of the Japanese, they think of intelligent and educated people who are extremely diligent, hard-working and disciplined. Due to their high ambitions, they study a lot. On the other hand they are also seen as humorous, funny and social people, who like to go out and spend time with friends. The Germans also perceive them as nerdy, crazy and garish, wearing crazy and colorful dresses and hairstyle and going to hip manga events.

<58> *A little crazy maybe sometimes. When I think of such manga events or so, one always hears of extremes. Or I think... concerts are always big and crazy and everyone dresses in a certain style. (IPG10)*

The Japanese are perceived as very creative. According to the Germans, besides technological devices, they also have a high affinity for music, as lots of them start to play a musical instrument at a very young age.

<59> *I would say that they are often very talented in terms of music or in learning an instrument. Classical instruments or music. Violin. Piano. (IPG9)*

They prefer creative leisure activities such as handicrafts, drawing manga or photography. Reading and watching films is allegedly typical as well. All in all, though, the Japanese suffer from a lack of free time for leisure and would like to have more opportunities to travel the world.

<60> *I imagine someone who doesn't have much free time. Someone who works a lot. (IPG10)*

In Japan, according to the interviewees, diligence, decency and modesty are highly appraised values. While status in society is said to be very important, the Japanese are claimed to support idealistic rather than materialistic values. Family plays a highly important role. Having a healthy family is suspected to be a status symbol. For this reason, young people wish to have their own future families. The relationship between parents and children is claimed to be very respectful. Bringing honor to the family and supporting them, even financially, is obligatory. At the same time, parents behave very strictly towards their children, who have to learn a lot in order to be successful at school. The husband and father goes to work and represents the head of family, while the wife and mother takes care of the children and household.

<61> *That they have high demands in terms of success. There is kind of a lot of pressure... also that this pressure comes from the families. Well, I think the parents want her to be successful and there is definitely pressure. (IPG2)*

<62> *At home, they are very strict. The children have to be successful at school, learn the whole day, in order to gain honour for the family. The wife is not allowed to work, because the husband is the one who works. He loves and takes care of his children, but he is also severe. There is a hierarchy, the children have to obey the parents, no discussion allowed. (IPG14)*

Some interviewees indicate a generational conflict between the traditional values and role models of the parents and the more modern values of younger Japanese.

<63> *Conflicts between her and the family, due to tradition. She wants women to have a better position, that's why she is partially opposed to the traditional image. Still, she tries to integrate it into her daily life. ... She gets along well with her parents, but there is conflict in that the parents' attitude is more traditional and sometimes complications arise. (IPG6).*

4 DISCUSSION OF THE FINDINGS

As a prelude to the then following discussion of findings, we would like to stress the following points: our everyday understanding shows a tendency to claim that stereotypes are based on some sort of truth or reality. However, it is not truth, or its lack, that makes a stereotype what it is, but rather its emotional content and its a priori character. Stereotypes as social constructs contain more information about the identity of those voicing them than about the out-group. As Trompenaars & Hampden-Turner put it: "Each opinion we voice regarding explicit culture usually says more about where we come from than about the community we are judging" (1997, 21). All in all, our perception depends on the knowledge contained in our already existing schemata, and the stereotypes we accept constitute a mirror for our own experience and our own worldviews (cf. Bolten 2007, 128). Therefore, it seems more appropriate to compare a culture's auto-stereotypes with the same culture's concept of others.

A considerable part of the interviews gives evidence for the relativity of the auto- and hetero-perception. Frequently, the interviewees actively establish an explicit reference between Germany and Japan, for example the different handling of the two countries' role in World War II. More often, however, the reference is of an implicit or even subconscious quality: The classic German stereotype of being hard-working (e.g. Haß 2013) experiences a shift of emphasis from a Japanese perspective. The Japanese interviewees, who perceive their own culture's members as extremely hard-working to the point of exhaustion, describe Germans as taking their work seriously and working accurately, but not as long and hard as the Japanese.

Seen from a Japanese perspective, Germans with their direct communication style may not be concerned with self-protection, but at the same time they do not shy away from harming the communication partner's face. In this sense they may be perceived as open and their kindness as "*true kindness*" (IPJ9), but equally as egoistic and self-centered.

The weakness and lack of assertiveness, which the Japanese interviewees attribute to their own culture, are contrasted with the strong-minded and self-confident Germans, who always follow their own plans. At the same time, differently from themselves, Germans are seen as not taking other people's opinions or feelings under consideration.

Contrary to most of the Japanese interviewees, the Germans compare themselves less explicitly with the Japanese. However, as mentioned above, the typical Japanese in their eyes is clearly younger and more feminine than the typical German. This could represent a subconscious comparison. Furthermore, the Japanese as allegedly very idealistic are seen contrasted with the clearly materialistic Germans, a phenomenon, which could be observed in earlier studies comparing German and Spanish stereotypes, as well (Haß 2013).

The German interviewees show a strong fixation on contrasts within their own country. In the process of describing their perception of the Japanese, they focus on contrasts as well, e.g. between the generations, between traditional and more modern values. The older, conservative and unhappy German represents a stereotype also observed in earlier studies (Haß 2013). The birth of another, younger and more open type could be due to different reasons:

In previous studies a lack of identification with the described German auto-stereotype could be detected. Insofar, this auto-stereotype may in fact represent the sub-type (cf. also Johnston & Hewstone 1992) of an old German person, a hetero-stereotype to the young interviewees. Possibly, students now identify more strongly with their country or the polarization between social classes has become so overwhelming in the current discourse that the necessity of this second sub-type arose.

Again, the relativity of images may represent another conceivable explanation. In contrast to the allegedly open, passionate and cheerful Spaniard (Haß 2013) the serious and miserable German may seem obvious to the interviewees. They ascribe very conservative values to the Japanese though, who are additionally regarded as calm and introverted. These character traits are also held to be true for the unhappy German type. However, the need to draw a contrast may have led to the younger sub-type.

Japanese, however, do not see as strong a contrast within their own culture or between the generations. In total they see themselves as rather docile and meek which translates into kindness on the outside. In actual fact, however, this is often a technique to avoid confrontation and conflicts. Besides their actual physical appearance, this might also be one of the reasons why Japanese are seen as younger or more female by the Germans.

It should also be noted, that among both groups of students meta-stereotypes are frequently discernible in the interviews. The interviewees often explicitly characterize stereotypes as suspected exterior perspective.

5 CONCLUSION

As reflected by Social Identity Theory, it is evident that stereotypes are closely related to the concept of collective identity. As soon as group identity exceeds a pure sense of belonging to a group and develops the need for self-definition, stereotypes are necessarily involved. Imagined communities (Anderson, 2006) consist of so many individuals that it becomes impossible for its members to know each other personally. Therefore, these communities cannot define themselves without drastically reducing complexity. In his classic work, Anderson (2006) describes how national identity is constructed. A common narrative, as well as heroes, symbols and myths are created by emphasizing aspects of a country's history that have a uniting rather than separating effect.

Moreover, it is unavoidable that identity is constructed based on the "other". Without out-groups, no in-group exists. Only by defining "who we are not" can we define who we are (or want to be) (Hahn 2000, 15). Furthermore, identity, whether individual or collective, is not a fixed concept. Instead, depending on the momentary group of reference, auto-perception experiences a slight shift. Attributions to the in-group influence stereotypes about out-groups, as stereotypes are always ethnocentric images (Yu 2006, 116).

Thus, it can be stated that auto-stereotypes influence hetero-stereotypes just as hetero-stereotypes have a repercussion on auto-stereotypes. Moreover, meta-stereotypes, i.e. suspected hetero-stereotypes have to be put into the equation, as well. What one suspects others think about him or herself, constitutes and is influenced by one's own self-perception (also Bolten 2007, 123). At the same time this meta-stereotype also influences our hetero-stereotypes of the respective other group and vice versa. The present study has shown this mechanism and it would be interesting to broaden its scope and take other regions of each country into consideration as well. Furthermore, researching and comparing in detail the daily routine in elementary schools or analyzing typical text-book material might help to discover some of the sources and methods of how images and stereotypes (auto as well as hetero ones) are construed.

REFERENCES

- (1) Anderson, R. C., The Notion of Schemata and the Educational Enterprise: General Discussion of the Conference. In Anderson, R. C., Spiro, R. J. and Montague, W. E. (Eds.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*. Hillsday NJ: Lawrence Erlbaum, 1977, p. 415-431.
- (2) Anderson, B., *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*. London/New York: Verso, 2006.
- (3) Bandura, A. and Walters, R. H., *Social Learning and Personality Development*. New York: Holt Rinehart and Winston, 1963.
- (4) Bergmann, W., Was sind Vorurteile? [What are prejudices?]. Available at: http://www1.bpb.de/publikationen/6MVHPR,0,0,Was_sind_Vorurteile.html, 2005.
- (5) Bolten, J., *Interkulturelle Wirtschaftskommunikation: Forschungsstand und Perspektiven eines neuen Fachgebietes* [Intercultural Business Communication: State of the Art and Perspectives of a New Research Field], *Wirtschaftsdeutsch international. Zeitschrift für sprachliche und interkulturelle Wirtschaftskommunikation*, 1, 1999, p. 9-25.
- (6) Bolten, J., *Einführung in die Interkulturelle Wirtschaftskommunikation* [Introduction to Intercultural Business Communication]. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2007.
- (7) Bortz, J. and Döring, N., *Forschungsmethoden und Evaluation* [Research Methods and Evaluation]. Berlin: Springer 1995.
- (8) Crowne, D. P. and Marlowe, D., A New Scale of Social Desirability Independent of Psychopathology, *Journal of Consulting Psychology*, 24, 1960, p. 349-354.
- (9) Festinger, L., *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford, CA: Stanford University Press, 1957.
- (10) Fiske, S. T., Stereotyping, Prejudice, and Discrimination. In Gilbert, D. T., Fiske, S. T., & Lindzey, G. (Eds.), *Handbook of*

- Social Psychology, 4th ed., Vol. 2. New York: McGraw-Hill, 1998, p. 357-411.
- (11) Hahn, A., Konstruktion des Selbst, der Welt und der Geschichte: Aufsätze zur Kulturosoziologie [Construction of the Self, the World, and History: Essays on Cultural Sociology]. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2000.
 - (12) Hahn, H. and Hahn, E., Nationale Stereotypen: Plädoyer für eine historische Stereotypenforschung [National Stereotypes: Plea for Research on Stereotypes Based on History]. In Hahn, H. (Ed.), Stereotyp, Identität und Geschichte: Die Funktion von Stereotypen in gesellschaftlichen Diskursen. Frankfurt am Main: Europäischer Verlag der Wissenschaften, 2002, p. 57-72.
 - (13) Haß, J., Durch die Augen der Anderen: Kulturelle Stereotype von Deutschen und Spaniern [Through the Others' Eyes: Cultural Stereotypes of Germans and Spaniards]. Marburg: Tectum, 2013.
 - (14) Johnston, L. and Hewstone, M., Cognitive Models of Stereotype Change (3): Subtyping and the Perceived Typicality of Disconfirming Group Members, *Journal of Experimental Social Psychology*, 28, 1991, p. 360-386.
 - (15) Kleinsteuber, H. J., Stereotype, Images und Vorurteile. Die Bilder in den Köpfen der Menschen [Stereotypes, Images, and Prejudices: The Pictures in People's Heads]. In Trautmann, G. (Ed.), Die hässlichen Deutschen? Deutschland im Spiegel der westlichen und östlichen Nachbarn. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1991, p. 60-68.
 - (16) Klemm, G., Allgemeine Culturgeschichte der Mensch- heit [A General Cultural History of Human Kind]. Leipzig: Teubner, 1843.
 - (17) Koskensalo, A., Finnische und deutsche Prospekt- werbung: Linguistische Analysen kulturspezifischer Marketingkommunikation [Finnish and German Prospect Advertising: Linguistic Analysis of Culture Specific Marketing Communication]. Torstedt: Attikon-Verlag, 2000.
 - (18) Kroeber, A. L. and Kluckhohn, C., Culture: A Critical Review of Concepts and Definitions. Cambridge: Peabody Museum, 1952.
 - (19) Lippmann, W., Public Opinion (Reprint from 1922). New York: Free Press Paperbacks, 1997.
 - (20) Maletzke, G., Interkulturelle Kommunikation: Zur Interaktion zwischen Menschen verschiedener Kulturen [Intercultural Communication: About the Interaction between People of Different Cultures]. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1996.
 - (21) Manz, W., Das Stereotyp: Zur Operationalisierung eines sozialwissenschaftlichen Begriffs [The Stereotype: Operationalizing a Concept in the Social Sciences]. Meisenheim: Hain, 1968.
 - (22) Maurer, K. L., Park, B. and Rothbart, M., Subtyping Versus Subgrouping Processes in Stereotype Representation, *Journal of Personality and Social Psychology*, 69, 1995, p. 812-824.
 - (23) Piaget, J., Origins of Intelligence in the Child. London: Routledge & Kegan Paul, 1936.
 - (24) Quasthoff, U., Soziales Vorurteil und Kommunikation: Eine sprachwissenschaftliche Analyse des Stereotyps [Social Prejudice and Communication: A linguistic Analysis of the Stereotype]. Frankfurt am Main: Athenäum Fischer Taschenbuch Verlag, 1973.
 - (25) Tajfel, H., Gruppenkonflikt und Vorurteil: Entstehung und Funktion sozialer Stereotypen [Group Conflict and Prejudice: Origins and Functions of Social Stereotypes]. Bern: Huber, 1982.
 - (26) Tajfel, H. and Turner, J. C., The Social Identity Theory of Intergroup Behavior, In Worchel, S. and Austin, W. G. (Eds.), *Psychology of Intergroup Relations*. Chicago, IL: Nelson-Hall, 1986, p. 7-24.
 - (27) Thomas, A., Kultur und Kulturstandards [Culture and Cultural Standards]. In Thomas, A., Kinast, E.U. and Schroll-Machl, S. (Eds.), *Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kooperation*, Vol. 1, Grundlagen und Praxisfelder. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2005, p. 19-31.
 - (28) Thomas, A., National- und Organisationskulturen [National and Organizational Cultures]. In Thomas, A., Kinast, E.U. and Schroll-Machl, S. (Eds.), *Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kooperation*, Vol. 1, Grundlagen und Praxisfelder. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2005b, p. 32-43.
 - (29) Thomas, A., Die Bedeutung von Vorurteil und Stereotyp im interkulturellen Handeln, *Interculture Journal*, Online-Zeitschrift für interkulturelle Studien, 2/ 2006, available at: http://www.interculture-journal.com/download/issues/2006_02.pdf, p. 3-20.
 - (30) Trompenaars, F. and Hampden-Turner, C., *Riding the Waves of Culture: Understanding Cultural Diversity in Business*. London / Boston: Nicholas Brealy Publishing, 1997.
 - (31) Yu, J., Stereotypisierung im interkulturellen Kontext [Stereotyping in Intercultural Contexts], *Interculture Journal*, Online-Zeitschrift für interkulturelle Studien, 2/ 2006, available at: http://www.interculture-journal.com/download/issues/2006_02.pdf, p. 113-124.

複合語のアクセントと意味・修飾構造

—ノルウェー語 Sandnes 方言を通じて見た諸問題—

三村 竜之^{*1}

On the Correlation between Compound Accent and the Internal Modification Structure

-Issues Raised by the Study on Sandnes Norwegian-

Tatsuyuki MIMURA

(原稿受付日 平成 28 年 6 月 27 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

This paper aims at reexamining the mechanism operative behind the compound stress patterns found in Sandnes Norwegian, a southwestern dialect of Norwegian and proposing a new and better explanation for the phenomena. Although the Compound Stress Rule which the author has proposed so far may explain almost all the compound stress patterns of the dialect, there are still several exceptional cases which have to be explained semantically. To seek for an alternative theory, the author points out the compound stress has a strong tendency to fall on the modifier, not the head of a compound, and based on the findings, the author proposes a new and better rule which provides a thorough explanation for both the regular and irregular or exceptional patterns.

Keywords: Sandnes Norwegian, Compound Stress, Modification Structure, Stress-Modifier Rule

1 序

1.1 本研究の背景と目的

ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言 (以下、Sandnes 方言とする) は音韻論的に有意義なストレス (強勢) を有する言語で、語には主強勢を担う音節が必ず一つ存在する。これまで筆者は、Sandnes 方言の複合語アクセントに関する私見を公にし、複合語における主強勢の位置に関する規則を導いた (拙論⁽¹⁾⁽²⁾)。

しかしながら、その後の「アルファベット関連語彙」(後述) を中心とする調査を通じて、複合語強勢

^{*1} 室蘭工業大学 ひと文化系領域

に関する拙案の反例となる資料が得られた。これらの例外的な複合語強勢は、筆者が既にデンマーク語に関してとってきたように、例外的な事例に関して幾つかの「意味関係」を抽出し、個々の「意味関係」に関して個別的にアクセント規則を設定することで処理することが可能ではある。しかしながら、意味特徴に基づくこれまでの拙案では例外的な事例の説明が可能ではあるものの、それらの間の関係性に目が向けられず、その結果、(自明のことではあるが)規則的な事例と例外的な事例との間の関係性についても模索されることが無かった。

そこで本研究では、これまで拙案で主張してきた意味的な視点とは異なる新たな視点からも考察することで、例外的な事例のみならず、規則的な事例にも通ずる特徴を導き出し、より簡便に、かつ全ての複合語に関して主強勢の位置を導きうる統一的な規則の構築を試みる。さらに、規則の背景にあるメカニズムや原理に関して考察を行い、今後本研究が発展すべき道筋を示す。

1.2 ノルウェー語 Sandnes 方言について

Sandnes 方言の話される Sandnes はノルウェー南西部に位置する Rogaland 県の一都市である。2012 年 6 月の統計では約 6 万 8 千人の人口を有しており、2013 年にはノルウェーで 7 番目に大きな都市になると見込まれている (典拠: <http://www.sandnes.kommune.no>)。

首都 Oslo の方言に代表されるノルウェー南東部の方言を基盤とする標準方言 bokmål と比較すると、Sandnes 方言は分節音の点では様々な相違点*2を示すものの、韻律的な側面においてはそれほど大きな特徴は示さず、アクセント型の具現形 (音調型) の違い⁽³⁾や「前気音 preaspiration」⁽⁴⁾の存在が指摘できる程度である。

なお、既に一連の拙論⁽²⁾⁽³⁾で度々述べてきたように、Sandnes 方言の音声学及び音韻論に関する先行研究は全体的には乏しい。分節音に関しては Oftedal⁽⁵⁾などの記述研究や Dommelen⁽⁶⁾などの実験音声学的研究などが散見される一方で、アクセントに関する研究報告や調査資料は極めて少なく、管見に及ぶ範囲では筆者の一連の論考を除いてはほとんどなく、音声面での類似性の高い近隣の方言である Stavanger 方言を扱ったもの (例えば Selmer⁽⁷⁾や Vanvik⁽⁸⁾など) が辛うじて参照可能であるに過ぎない。

Sandnes 方言の音韻並びに韻律の特徴を概略すると以下のとおり:

- (1) a. 語中における主強勢の位置が音韻論的に有意義である、いわゆるストレス (強弱、強勢) アクセント言語。
- b. 主強勢の現れる音節には、主として「高平調 high-level tone」が現れる場合と (ゲルマン語学の慣例では「アクセント 1」と呼ぶ) と「下降調 falling tone」の現れる場合とがあり、音韻論的に有意義な音調を有する*3
- c. 音節構造は、基本的には英語などその他のゲルマン諸語に類する構造を有し、音節頭子音 onset と音節末子音 coda のいずれの位置にも子音連結が現れうるが、音節末子音の位置に「二重子音 geminate」が現れうる点が特徴的である (この点は、いわゆる「北ゲルマン語 (ノルド諸語)」(但し、デンマーク語は除く) に広く観察される特徴である)。
- d. 母音は (少なくとも具体音声のレベルでは) 「量 quantity」の点で対立するが、例えば、強勢を担う音節に関しては長母音と二重子音 geminate が共起しないなど、母音量と音節末子音連結の構造との間に共起制限が存在する。

*2 例えば、bokmål において舌尖の「はじき音 flap」(あるいは「ふるえ音 trill」) として現れる r の音は、Sandnes 方言では (デンマーク語標準方言と同じく) 「有声口蓋垂摩擦音」として現れる。また、これに関連して、bokmål において特徴的な「反舌音 retroflex」は Sandnes 方言には観察されず、既に述べた「有声口蓋垂摩擦音」と歯茎音の組み合わせとして現れる点も特徴的である。

*3 これまで一連の拙論において主張してきたが、筆者は、Sandnes 方言を「ストレスアクセント」と「ピッチ (高さ、高低) アクセント」が「併存」する言語や、ストレスアクセントとピッチアクセントの「中間的」なアクセントを有する言語である (たとえばスウェーデン語に関する城生 (2008: 134)⁽⁹⁾ の見解を参照) とは全く考えてはおらず、飽くまでもストレスアクセントの言語であると捉えている (拙論⁽²⁾⁽⁴⁾ を参照されたい)。

1.3 アルファベット関連語彙

これまで筆者は、Sandnes 方言や系統的に近い関係にあるデンマーク語における「アルファベット頭文字語 initialism」の音韻論的側面について私見を述べてきたが⁽¹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、拙論において筆者は、アルファベット頭文字語を「AIDS のようないわゆる acronym ではなく、IBM のようにアルファベット読みをする略語」と定義してきた。

しかしながらその後、例えば日本語の「ビタミン C」の「C」のように厳密には「略語」ではないものと、用語の上での区別をする必要が生じてきた。そこで筆者は、中井⁽¹²⁾や上野⁽¹³⁾に倣い、いわゆる「略語」である「アルファベット頭文字語」と「ビタミン C」の「C」のような略語でないもの（さらにはこれらを構成要素とする複合語や派生語も）を包括する用語として、「アルファベット関連語彙」という用語を導入することとした。

2 複合語強勢規則とその例外

2.1 複合語強勢規則

Sandnes 方言では、複合語における主強勢の位置は以下に述べる規則で導くことができる：

(2) 複合語強勢規則

複合語の品詞や構成要素の数、内部構造の別（「右枝分かれ構造」か「左枝分かれ構造」の別）を問わず^{*4}、(直接構成要素に分析した際に得られる)「前部要素」([A [BC]]) という内部構造であれば A が、[[AB] C] という内部構造であれば AB がこれに相当) が本来有する主強勢が複合語全体の主強勢として現れる。

上記の規則を、以下、便宜的に CSR (Compound Stress Rule) と呼ぶことにする。

CSR の具体例^{*5}を以下に示す^{*6}：

*4 複合語における主強勢の位置を問題とする限りにおいては品詞の別や内部構造の別は関与しないが、複合語全体の音調（アクセント 1 と 2）の別に関しては後部要素の品詞や前部要素の音節数が条件として関与することがある。従って、構成要素の品詞や内部構造の別は複合語のアクセント型全体を決定する上では重要な条件である（詳細は拙論⁽¹⁰⁾を参照されたい）。

*5 本稿において引用する資料は、全て筆者が Sandnes 方言を母語とする話者一名をインフォーマントとして、2009 年から 2012 年にかけて実施した聞き取り調査を通じて採取したものである（詳細に関しては拙論⁽⁴⁾を参照されたい）。インフォーマントは Brede Tingvik Haave さん（1988 年生・男性）。数年に渡りインフォーマントとして筆者に尽力して下さった Tingvik Haave さんにこの場をお借りして心よりお礼を申し上げる。

*6 本稿では、引用する資料は、まずイタリック体のラテンアルファベットでその綴りを示し、続いて音声記号を用いてその音声を提示する。ただし、Sandnes 方言は正書法が確立しておらず、従って、本稿では便宜的に bokmål（ノルウェー南東部の方言を基盤とする標準方言）の正書法で表記する。

本稿で用いる音声記号は基本的に国際音声記号 (IPA) に準拠しているが、煩雑になるのを防ぐために可能な限り簡略表記を用いている。但し、以下の二点において IPA の正用法に従っていないため注意されたい。第一に、音調の表記には tone letter は用いず、F（下降調）、H（高平調）、L（低平調）、M（中平調）の記号を用いた。母音や子音といった単音を表記する音声記号に比べて tone letter はそれほど一般的では無い点に加え、音声表記が煩雑になるのを防ぐためである。また、音声表記から速やかに Acc1 と Acc2 の別を判読できるよう、音声表記に最初に上付きのアラビア数字を付した。第二に、強勢の表記には、IPA で一般的に用いられている補助記号は用いず [á] や [a] の記号を用いた（便宜上、[a] で母音を示す）。こちらも、音調を示すアラビア数字との混同を回避し、判読のしやすさを重視した結果である。

なお、F や H といった記号は、飽くまでも各音節の音調を、音韻論的な解釈を経た上で大まかに三段階に分けて捉えた、いわば簡略的な表記に過ぎない。従って、声調のように、それぞれの記号が固有の音調を示している訳ではなく、また、仮に同じ記号で表記された音節であっても、具体音声としては厳密には高さが異なる可能性も十分にある点に注意されたい。

(3) a. 品詞の別 (二要素からなる複合語から)

(i) 複合名詞

A: *gágàte* [¹gó:.gà:.da HML] 「歩行者天国」(< *gá* [¹gó: H] 「行く」 + *gáte* [²gá:.da FL] 「通り」)B: *sjokoládekàke* [²fo.ko.lá:.dø.kà:.ga MMFL] 「チョコレートケーキ」(< *sjokoláde* [²fo.ko.lá:.dø MMFL] 「チョコレート」 + *káke* [²ká:.ga FL] 「ケーキ」)

(ii) 複合動詞

A: *réngjøre* [²ɐ́m.jøɐɐ FL] 「掃除する」(< *rén* [¹ɐ́m H] 「清潔な」 + *gjøre* [¹jøɐɐ H] 「-をする」)B: *nédskrìve* [¹né:ɣ.skɣí:.va HML] 「書き留める」(< *néd* [¹né:ɣ H](sic) 「下へ」 + *skrìve* [²skɣí:.va FL](sic) 「書く」)

(iii) 複合形容詞

A: *gúlbrùn* [²gú:l.bɐ̀:.nə FML] 「黄味がかった茶色の」(*gúl* [¹gú:l H] 「黄色」 + *brùn* [¹bɐ̀:.nə H](sic) 「茶色い」)B: *gúllgùl* [²gúll.gù:.lə FML] 「琥珀色がかった黄色の」(< *gúll* [¹gúll H] 「黄金」 + *gùl* [¹gú:lə FL](sic) 「黄色い」)

b. 内部構造の別 (三要素からなる複合語から)

(i) A: *plásticvìngláss* [¹plás.tik.vì:n.gláss HMML] 「プラスチック製のワイングラス」(< *plátic* [¹plás.tik HL] 「プラスチック」 + *vìngláss* [²vì:n.gláss FL] 「ワイングラス」cf. *vìngláss* < *vín* [¹vì:n H] 「ワイン」 + *gláss* [¹gláss H] 「コップ、グラス」)B: *atómkráftvèrk* [¹a.t^hó:m.kɐ̀áft.væɐɐk MHML] 「原子力発電所」(< *atóm* 「原子」 + *kráftvèrk* [¹kɐ̀áft.væɐɐk HL] 「発電所」)cf. *kráftverk* < *kráft* [¹kɐ̀áft H] 「力」 + *vèrk* [¹væɐɐk H] 「工場」(ii) A: *rødvìngsglass* [¹ɐ́e:.ə.vìns.gláss HMML] 「赤ワイン用のグラス」(< *rødvìn* [¹ɐ́e:.ə.vì: 'n HML] 「赤ワイン」 -s (結合要素) + *gláss*cf. *rødvìn* < *rød* [¹ɐ́e:.ə HL] 「赤い」 + *vín* [¹vì:n H] 「ワイン」)B: *atómvápenhàndel* [¹a.t^hó:m.vø:.pæn.hàn.dəɔ MHMMLL] 「核兵器の売買」(< *atómvápen* [¹a.t^hó:m.vø:.pæn MHML] 「核兵器」 + *hàndel* [¹hán.dəɔ HL] 「商取引」)cf. *atómvápen* < *atóm* [¹a.t^hó:m MH] 「原子」 + *vápen* [¹vø:.pæn HL] 「武器」

上記の CSR は、本研究で「アルファベット関連語彙」と呼ぶ語を構成要素とする複合語に関しても適用される:

(4) a. 前部要素がアルファベット関連語彙

(i) *Á-vitamìn* [¹á:.vi.ta.mì:n HML] 「ビタミン A」(< *Á* [¹á: H] + *vitamín* [¹vi.ta.mí:n MMH] 「ビタミン」)(ii) *ÍD-nùmmèr* [²í:.de.nòm.məɐ FMML] 「ID ナンバー」(< *ÍD* [²í:.de FL] 「身分証明」 + *nùmmèr* [¹nóm.məɐ HL] 「番号」)(iii) *HÍV-infektìon* [¹hø.i.vé:.in.fek.fò:m MMHMML] 「HIV 感染」(*HÍV* [¹hø.i.vé: MMH] 「ヒト免疫不全ウイルス」 + *infeksjón* [¹in.fek.fó:m MMH] 「感染」)

b. 後部要素がアルファベット関連語彙

(i) *skárre-ɾ* [²skáɐ.ɐə.æ:ɐ FML] 「喉の奥 (口蓋垂) で発音する R」(< *skárre* [²skáɐ.ɐə FL](sic) 「ガラガラと音を出す」 + *ɾ* [¹æ:ɐ H] 「アルファベットの R」)

- (ii) *vínter-ÔL* [¹vín.tɔʁ.ò:el HMML] 「冬期オリンピック」
 (< *vínter* [¹vín.tɔʁ HL] 「冬」 + *OL* [²ó:el FL] 「オリンピック」)
 (iii) *kjérne-DNÁ* [²ʃæʁ.nə.de.en.à: FMMML] 「核 DNA」
 (< *kjérne* [²ʃæʁ.nə FL] 「核」 + *DNÁ* [¹de.en.á: MMH] 「DNA」)

2.2 複合語強勢規則の例外とその解釈案

前節で概略を述べた複合語強勢規則(CSR)に反する例外的な強勢の型として、次の二種類が確認されている: 1) 前部要素と後部要素のいずれにも主強勢の現れる型、2) 後部要素にのみ主強勢の現れる型。以下、それぞれの型について具体例を挙げながら考察していくことにする。

2.2.1 前部・後部要素のいずれにも主強勢の現れる型

複合語を構成する前部要素と後部要素のそれぞれに主強勢の現れる型は、従来、サンスクリット文法に倣い *dvandva* と呼ばれてきた、各構成要素が意味的に「並列的」な関係にある複合語に見られる。具体例*7を以下に示す:

- (5) a. *dánsk-nórsk* [dánsk.nóʁsk HH] 「デンマーク (語/人) とノルウェー (語/人) の」
 (< *dánsk* [¹dánsk H] 「デンマーク (語/人) の」 + *nórsk* [¹nóʁsk H] 「ノルウェー (語/人) の」)
 b. *dánsk-nórsk-svénsk* [dánsk.nóʁsk.svénsk HHH] 「スカンジナビア三国間の」
 (< *dánsk* + *nórsk* + *svénsk* [¹svénsk H] 「スウェーデン (語/人) の」)
 c. *svárt-hvít* [sváʁt.kvít^htt HH] 「モノクロ」
 (< *svart* [¹sváʁt H] 「黒」 + *hvitt* [¹kvít^htt H] 「白」)
 d. *marxísme-lenínisme* [maʁk.sís.mə.le.ni.nís.mə MHLMMHL] 「マルクス・レーニン主義」
 (< *marxisme* [¹maʁk.sís.mə MHL] 「マルクス主義」 + *leninisme* [¹le.ni.nís.mə MMHL])

なお、いかなる音声的特徴をもって前部要素と後部要素のいずれにも主強勢が現れていると判断するかに関しては、各要素の全体的な音調が手掛かりとなる。*Dvandva* は（少なくとも）アクセントの上では一単位をなしていないと考えることができるが、仮に一単位を成し、従って後部要素が副次強勢を担う場合は、例えば*(*marxiSme*)-*lenínisme* [-MMML]のように語末にかけて漸次的な音調の下降が期待される。しかしながら、実際は*-lenínisme* [-MMHL]のように強勢を担う音節で音調が高くなる。このような音調は、既に(5)において示したように、後部要素が本来有している音調であり、ここから *dvandva* における後部要素の強勢を主強勢と判断することが可能となる。

2.2.2 後部要素にのみ主強勢の現れる型

既に(4)で概観したように、アルファベット関連語彙を構成要素とする複合語も CSR に従い前部要素本来の主強勢が複合語全体の主強勢を担うが、後部要素がアルファベット関連語彙の場合に限り、以下に示すように、例外的に後部要素にのみ主強勢の現れる場合がある:

- (6) a. *lag B́* [¹la(:)g.bé: MH] 「B チーム」
 (< *lág* [¹lá:g H] 「チーム」 + *B́* [¹bé: H] 「アルファベットの B」)
 b. *type Á* [¹ty(:).pə.á: MMH] 「A タイプ、A 型」
 (< *týpe* [²t^hý:ə FL] 「タイプ、型」 + *Á* [¹á: H] 「アルファベットの A」)

*7 *Dvandva* の語例は、現在確認されている限りでは、ここに示した 4 例のみであるが、例えば *ja/nei-spørsmål* 「Yes か No かのいずれかの答えしかない質問」や *øre-nese-halslege* 「耳鼻咽喉科医」などのように、*dvandva* を構成要素とすると考えられる複合語の例は多数確認されている。しかし、これらの複合語における *dvandva* に類する要素は形態素としての自立性が低く、単独で用いることはない。

- c. *blyant* *HB* [²bly(:).ant.hó:.bə MMFL] 「HB 鉛筆」
 (< *blýant* [¹blý:.ant HL] 「鉛筆」 + *HB* [²hó:.be(:) FL] 「HB (芯の固さ; Hard and Black)」

2.2.3 意味関係による説明

前節、前々節において CSR の反例となる複合語の具体例をそれぞれ示したが、これらはそれぞれ前部要素と後部要素の間の「意味関係」からまとめることが可能であると筆者は考える。まず第 2.2.1 節において概観した「前部要素と後部要素のいずれにも主強勢の現れるタイプ」であるが、これは既に触れたようにいずれも「並列複合語 (dvandva)」であり、従って、前部要素と後部要素の間に「並列」という意味関係が成り立つ場合としてまとめることが可能である。

続いて第 2.2.2 節において概観した「後部要素にのみ主強勢の現れるタイプ」であるが、このような強勢の型は（複合語の定義をやや拡大することとなるが）後部要素に数詞を含むものや、飲食店やホテルなどの施設名、役職などの肩書きや呼称伴う人名などにも観察される：

- (7) a. (i) *A4* [²a.fí:.βa MFL] 「A4 (紙のサイズ)」
 (< *Á* [¹á: H] 「A 列 (紙のサイズの系統)」 + *4* [²fí:.βa FL] 「4」)
 (ii) *avsnitt 5* [¹a(:).v.snit(t).fémm MMH] 「第 5 章」
 (< *avsnitt* [²á:v.sni^htt FL] 「章」 + *5* (*fém*) [¹fémm H])
 (iii) *gruppe 4* [²gʁʊp.pə.fí:.βa MMFL] 「第 4 グループ」
 (< *grúppe* [²gʁá^hp.pa FL](sic) 「グループ」 + *4* (*fíra*) [²fí:.βa FL] 「4」)
 (iv) *nummer 14* [²nom.məg.fjóð.tn MMHL] 「14 番」
 (< *númer* [¹nóm.məg HL] 「番号」 + *14* (*fjórten*) [²fjóð.tn HL] 「14」)
 b. (i) *Hotell Sverre* [²hɔ.t^hel.svéβ.βa MMFL] 「Hotel Sverre 【Sandnes に実在するホテル】」
 (< *hotéll* [¹hɔ.t^héll MH] 「ホテル」 + *Sverre* [²svéβ.βa FL] 【人名】)
 (ii) *Pizza Kvadrát* [¹pít.tsa.kʷa.dʷá:^ht MMMMH] 【Sandnes に実在するピザ屋】
 (< *pízza* [¹p^hít.tsa HL] 「ピザ」 + *Kvadrát* [¹kʷa.dʷá:^ht MH] 【Sandnes 最大のショッピングモール】)
 c. (i) *Kong Hårald* [¹kɔŋ.há:βal MFL] 【現ノルウェー国王】
 (< *kong* [¹k^hóŋ H] 【王に対する敬称】 + *Harald* [²há:βal FL] 【人名】)
 (ii) *Harald Blåtann* 「ハラルド歯青王」
 (< *Harald* + *Blåtann* [²bló:.^hànn FL] 【称号】
 (cf. *blá* [¹bló:ə](sic) 「青い」、*tánn* [¹t^hónn H](sic) 「歯」)
 (iii) *løytnant Jensen* [¹lœnt.nant.jén.sŋ MMHL] 「Jensen 中尉」
 (< *løytnant* [²lœnt.nant FL] (sic) 「中尉」 + *Jensen* [¹jén.sŋ HL] 【人名】)
 (iv) *Rørlegger Torgorsen* [¹βœ(:).β.leg.gɔβ.t^hóβ.gɔβ.sŋ MMMHML] 【Sandnes にある配管業者】
 (< *rørlegger* [¹βœ:β.læg.gɔβ HML] 「配管工」 + *Torgorsen* [¹t^hóβ.gɔβ.sŋ HML] 【人名】)

筆者は、デンマーク語に観察される類例に関して、「後部要素が前部要素の「種別」や「類別」を表わす」という意味関係を提案し、例外的な強勢の型の説明を試みた⁽¹⁴⁾が、Sandnes 方言の事例に関しても同様の意味関係から説明することが可能であると考えられる。

例えば、(7a.i)の *A4* では、用紙の大きさを表わす「A」という範疇の内の「どの」サイズであるのかを後部要素である数詞「4」が特定している。また、例えば(7b.i)の *Hotell Sverre* は、あくまでもそれが指し示すものは「ホテル」であるが、数ある内の「どの」ホテルであるかを後部要素である *Sverre* が詳しく規定しており、「種別・類別」という意味関係を読み取ることができる。

同様に、(7c.i)の *Kong Harald* は、あくまでもそれが指し示しているものは前部要素が表わす「王」であるが、「どの」王であるかを後部要素である固有名詞 *Harald* が詳しく規定しており「種別・類別」と

いう意味関係が読み取れる。また、(7c.ii)の *Harald Blåtann* は前部要素が *Harald* という人名で、後部要素 *Blåtann* はその個人的特徴を指し示しているが、*Blåtann* が「どの」*Harald* であるかを特定しているという点で、同じく前部要素と後部要素の間に「種別・類別」の意味関係が読み取れる。

3 複合語内部の意味関係と音韻論的共通性

3.1 修飾部強勢付与規則

前節までの考察から、Sandnes 方言における複合語の強勢の型は、1)複合語強勢規則(CSR)と 2)前部要素と後部要素の間の「意味関係」の二つの点から全て説明が可能であることが明らかとなった。従って、これ以上の議論や考察は、Sandnes 方言の複合語強勢に関しては不要であるように思われるが、一方では CSR の反例とされる事例が「意味関係」から説明されながら、他方で CSR に適合する事例にはそのような意味的な考察がなされておらず、両者の間の関係性が依然として不明瞭である。また「意味関係」から説明される例外的な事例も「並列」と「種別・類別」という形で個別的に説明にとどまっており、これらの事例の間に何らかの関係性が存在しないか検討を加えることが求められよう。

そこで改めて、CSR の反例となる「後部要素にのみ主強勢の現れるタイプ」の構成要素間の「修飾関係」に着目してみると、(6)に示したアルファベット関連語彙を含む複合語や(7)に示した施設名などは、全て後部要素が前部要素を詳しく規定しており、従って「主要部・修飾部」(Head-Modifier)という修飾関係を有していることが読み取れる。これに対し、(3)や(4)に示した CSR に従って強勢の型が導かれる複合語は、全て「修飾部・主要部」という修飾関係を有している。

ここで注目すべきは、修飾関係の点で異なる二つのグループの複合語は、いずれも主強勢が現れている要素は「修飾部」であるという点である。ここから、CSR の適用という点では異質であった二つのグループの複合語は、実は主強勢の付与される要素という点では共通していたということが明らかとなるのである。

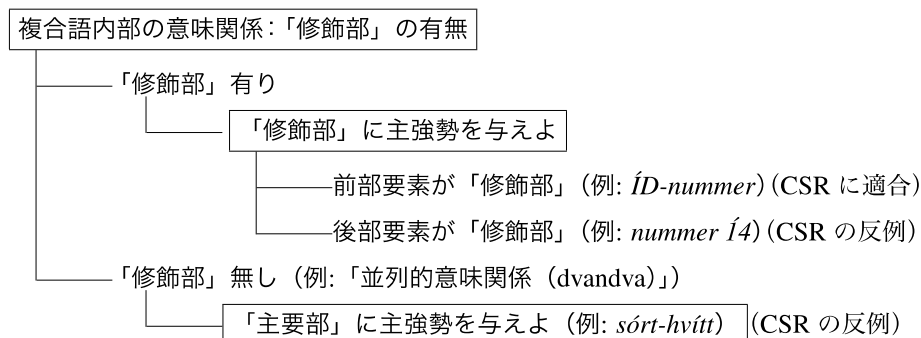
この事実を捉えるべく、筆者は新たに「修飾部強勢付与規則」(Stress-Modifier Rule; SMR)という規則を提案する。複合語の主強勢は修飾部を担う要素に付与すればよい、という規則である。

3.2 SMR の修正: dvandva の事例

ここで、新たに提案した SMR に関して一つの疑問が生ずる: 果たして SMR は dvandva にはどのように適用されるのであろうか。というのも、dvandva は前部要素と後部要素が意味関係の上では対等であるからである。Dvandva の構成要素間には「主要部」や「修飾部」といった従属的な意味関係が存在せず、敢えて言うならば、いずれの要素も「主要部」として機能していると言えよう。そこで、筆者は SMR を次のように修正する: 複合語に「修飾部」が存在しない場合は「主要部」に主強勢を付与せよ。このような一種の「修正規則」が必要となるものの、SMR を導入することで「修飾部が存在するか否か」という一つの基準に基づいて簡潔に主強勢を付与することが可能となり、また、これまでの CSR による説明では個別的であった規則的な事例と不規則な事例の関係性が明らかとなる。

前節ならびに前々節において提案した SMR の適用過程は以下のように図示される:

(8) SMR の適用過程 (CSR との比較)



4 結語

4.1 まとめ

以上、Sandnes 方言の複合語強勢に関して、これまで拙論で提案してきた「複合語強勢規則 (CSR)」に代わる新たな規則として「修飾部強勢付与規則 (SMR)」を提案した。これまでの CSR では、音韻規則とその例外を説明する為の「意味関係」という、いわば音韻論と意味論の二本立てであったが、SMR では「修飾部の有無」という単一の基準による簡潔な説明が可能となり、CSR では不明瞭であった規則的な事例と不規則な事例との間の関係性も明らかとなり、Sandnes 方言の複合語強勢の全体像を捉えるという意味においては、SMR の方が優れていると言えよう。

4.2 残された課題

4.2.1 例外の存在とその解釈

本研究で提案した SMR により、Sandnes 方言の複合語強勢は全て説明が可能であるが、SMR では説明のできない語例が確認されている:

- (9) *peppermýnte* [²pe(p).pɒʁ.mýn.tə MMFL] 「ペパーミント」
 cf. *pepper* [²pʰéʰp.pɒʁ FL] 「胡椒」
mynte [²mýn.tə FL] 「ミント」)

Peppermýnte はおそらく *pepper* と *mynte* から作られた複合語であると考えられ、意味的に考えて「修飾部・主要部」の修飾関係を有すると想定される。それにも拘わらず、主強勢は主要部である後部要素 *-mynte* に現れており、SMR では説明ができない（言うまでもなく、CSR の反例でもある）。

なお、系統的に近い関係にあるデンマーク語においても、*peppermýnte* に相当する *pebermýnte* は後部要素と思われる *-mynte* に主強勢が現れており、同じく複合語強勢の例外的な事例である。

現時点では推察の域を脱し得ないが、おそらく語源的にはドイツ語の *Pfefferminze* の借入に由来するもので、ドイツ語のアクセントをそのまま保存しているのではないかと考えられる。しかしながら、なぜこの語が借入された時期のアクセントを保存しているのかについては未だ不明である。

さらに、*pepper* を前部要素とする *pépperbørse* 「胡椒入れ」(cf. *børse* 「容器」) や *pépperkake* 「スパイス入りクッキー (クリスマスのお菓子)」(cf. *kake* 「ケーキ」) は前部要素に主強勢が現れているため、後部要素 *mynte* に例外的な強勢の型を生み出す要因が隠されている可能性があるが、後部要素が *mynte* である複合語は (筆者の資料では) *peppermýnte* 以外には未だ確認されておらず、そのため比較しうる語例が存在しない。今後の調査が待たれる (ちなみに Sandnes 方言と系統的に近いアイスランド語では SMR (並びに CSR) に順ずる型を示す: *píparmynta*; なお、主強勢は前部要素が担うが、ここでのアクセント記号はアイスランド語の正書法によるものである点に注意されたい)。

4.2.2 なぜ「主要部」ではなく「修飾部」か

複合語の主要部ではなく修飾部に複合語全体のアクセントが置かれる (換言すれば、主要部本来のアクセントは複合語形成の際に消失、あるいは弱化する) という現象は、ノルド諸語を含むゲルマン諸語は言うに及ばず、系統的に異なる様々な言語においても指摘されている。例えば、Duanmu (1990: 143-144)⁽¹⁵⁾ は中国語 (普通話) を例に挙げ、主要部でない構成要素にアクセントの置かれる型を NHS (non-head stress) と呼んでいる。

様々な言語においてこのようなアクセントの型が指摘される一方で、なぜ主要部ではなく修飾部にアクセントが置かれるかに関する考察は著しく乏しく、管見に及ぶ範囲では窪田 (2001)⁽¹⁶⁾ のみである。そこで筆者は、窪田⁽¹⁶⁾ から着想を得て、「主要部」や「修飾部」の概念や複合語構成要素間の関係の再検討を提案したい。

従来「主要部」と呼ばれてきた構成要素は、複合語全体の形態統語論的な属性を規定する上でのみ「主」であって、複合語全体の意味情報を捉える上ではむしろ「修飾部」の方が「主」であると考えられる。

というのも、複合語全体の意味を捉える上では、修飾部の方がむしろ情報量が大きいからである。例えば、p.4 にて引用した *gulbrun* 「黄味がかった茶色の」は *gul* 「黄色」の一種ではなく *brun* 「茶色」の一種であり、従って、複合語 *gulbrun* 全体の意味の根幹を占めるという点では、確かに後部要素-*brun* は主要な働きをしている。しかしながら、言うまでもなく、*gulbrun* と *brun* とは具体的な指示対象が同一ではない。この指示対象の差異は修飾部である *gul*-によって生じており、この意味では、むしろ修飾部である *gul*-の方が重要な情報を有している。この修飾部が有する情報量の点での重要度が韻律的側面にも反映されており、その結果、複合語全体のアクセントを修飾部が担っているとは考えられないだろうか。

尤も、窪菌⁽¹⁶⁾が既に指摘していることではあるが、この解釈が真に妥当であるかを検証するためには修飾部の重要度を裏付ける現象が求められる。例えば、窪菌⁽¹⁶⁾は「複合語短縮」を取り上げ、「(「修飾部+主要部」という構造を有する)複合語を短縮した場合に後部要素が消去される傾向が強い事実と後部要素のアクセントが消失ないし弱化する点を関連付けて論証を試みている (pp. 121-124)。

確かに、窪菌⁽¹⁶⁾が引用する日本語 (p. 121) では複合語の短縮は生産性の高い語形成過程であるかもしれないが、果たして筆者の扱う Sandnes 方言 (を含めたノルウェー語、さらにはノルド諸語) において複合語短縮が一般的な現象かは不明である。今後の調査が待たれる*8。

謝辞

本稿は、東京音韻論研究会 2013 年 1 月例会 (2013 年 1 月 12 日, 東京大学駒場キャンパス) 並びに北海道言語研究会 2015 年度第 2 回研究例会 (2016 年 3 月 7 日, 室蘭工業大学) にて配布した資料⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾に加筆・修正を加えたものである。同研究発表において貴重なコメントを下さった聴衆諸氏にこの場をお借りしてお礼を申し上げる。また、本稿の草稿に有益なコメントを下さった査読者の方々もお礼を申し上げる。なお、本稿において引用した資料の一部は、日本学術振興会科学研究費助成事業による助成を受けて実施したフィールドワークにより採取したものであることを付記する (課題番号: 15K16729, 研究代表者: 三村竜之)。

文献

- (1) 三村竜之, 「ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言のアルファベット頭文字語の音韻論」, 日本音韻論学会 2010 年度春期研究発表会 (2010 年 6 月 18 日, 産学公連携センター・首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス), 2010.
- (2) 三村竜之, ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言の複合語アクセント規則, 明星大学研究紀要【人文学部・日本文化学科】, 第 19 号, 2011a, p. 216(63)-202(77).
- (3) 三村竜之, ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言における音調のアクセント論的解釈, 室蘭工業大学紀要, 第 63 号, 2014, p. 77-91.
- (4) 三村竜之, ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言における前気音の音韻論: 無声閉鎖音の解釈と関連づけて, 日本言語学会第 144 回大会予稿集, 2012, p. 162-167.
- (5) Oftedal, Magne, “Jærse okklusivar”, *Norsk Tidsskrift for Sprogvidenskap*, 14, 1947, p. 229-235.
- (6) Dommelen, Wim A. van, “Preaspiration in intervocalic /k/ vs. /g/ in Norwegian”, eds. John J. Ohala et al., *Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences, San Francisco 1-7 August 1999*, Vol. 3, Berkeley: Linguistics Department, University of California, 1999, p. 2037-2040.
- (7) Selmer, Ernst W., *Den musikalske aksent i Stavanger-målet*, Oslo: Det norske videnskaps-akademi i Oslo, 1927.
- (8) Vanvik, Arne, “Norske tonelag”, *Maal og Minne*, 1956, p. 92-102. [eds. Ernst Håkon Jahr, Ove Lorenz, *Prosodi/Prosody* (Studier i norsk språkvitenskap 2), Oslo: Novus forlag, 1983, p. 209-219. に再録]
- (9) 城生恒太郎, 一般音声学講義, 東京: 勉誠出版, 2008.
- (10) 三村竜之, ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言におけるアルファベット頭文字語の音韻論, 音韻研究, 第 14 号, 東京: 開拓社, 2011b, p. 19-26.

*8 ちなみに筆者が比較的精通しているデンマーク語では、複合語短縮 (と考えらえる) 事例として次のものが挙げられる: *bærbar* 「ノート PC」(*bærbar computer* 「ポータブル PC」), *fly* 「飛行機」(< *flyvemaskine*), *mobil* 「携帯電話」(< *mobilttelefon*); なお、以下のような判例も存在する: *bil* 「自動車」(< *automobil*)。ちなみに、Sandnes 方言と系統的に極めて近い言語であるアイスランド語においても「自動車」は同様に *bill* であるが、デンマーク語や Sandnes 方言における *automobil* に相当する語は存在しない。

- (11) 三村竜之, デンマーク語アルファベット関連語彙の音韻論, 東京大学言語学論集, 26, 2007, p. 1-20.
- (12) 中井幸比古, 中央式アクセントにおけるアルファベット頭文字語のアクセント, 音声研究, 11, 2007, p. 69-86.
- (13) 上野善道, 日本語方言のアルファベット関連語彙のアクセント, 東京大学言語学論集, 24, 2005, p. 171-196.
- (14) 三村竜之, アルファベット複合語から見たデンマーク語複合語アクセントと意味制約, 日本言語学会第 136 回大会予稿集, 2008, p. 294-299.
- (15) Duanmu, San, *A Formal Study of Syllable, Tone, Stress and Domain in Chinese Languages*, Doctoral dissertation: MIT, Cambridge MA, 1990.
- (16) 窪菌晴夫, 語順と音韻構造: 事実と仮説, 音声文法研究会編『文法と音声 III』, 東京:くろしお出版, 2001, p. 107-140.
- (17) 三村竜之, 「複合語アクセントと意味制約: ノルウェー語サンネス方言におけるアルファベット関連語彙を例に」, 東京音韻論研究会 (Tokyo Circle of Phonologists; TCP) 2013 年 1 月例会 (2013 年 1 月 12 日, 東京大学駒場キャンパス), 2013.
- (18) 三村竜之, 「複合語の修飾構造とアクセント: ノルウェー語 Sandnes (サンネス) 方言を例に」, 北海道言語研究会 2015 年度第 2 回研究例会 (2016 年 3 月 7 日, 室蘭工業大学), 2016.

サモア語、タヒチ語、ハワイ語における一般的小辞 *fo'i* / *ho'i* の分布について

塩谷 亨^{*1}

On the Distribution of the General Particle *fo'i* / *ho'i* in Samoan, Tahitian, and Hawaiian

Toru SHIONOYA

(原稿受付日 平成 28 年 7 月 7 日 論文受理日 平成 29 年 2 月 10 日)

Abstract

The emphatic particle *fo'i* in Samoan and its cognate *ho'i* in Tahitian and Hawaiian are both general particles used very frequently. In this paper, the distribution of *fo'i* and *ho'i* in these three languages is examined to show similarity and difference among them. The general particle *fo'i* / *ho'i* in all of these three languages may appear at the end of a predicate phrase (which can be a verbal predicate, a nominal predicate, an interrogative, a negative, or a conjunction which occurs in the predicate position) or at the end of a non-predicate noun phrase. The general particle *fo'i* in Samoan and *ho'i* in Hawaiian can appear after a topic noun phrase. The general particle *fo'i* in Samoan and *ho'i* in Tahitian can occur between a determiner (which can be a demonstrative, a possessive, or a determiner “other”) and a noun. Each of these determiners can form a noun phrase without any following noun.

Keywords : Samoan, Tahitian, Hawaiian, General particles, Emphatic particles

1 はじめに

1.1 文及び句の構造と小辞について

サモア語、タヒチ語、ハワイ語は起源を同じくする同系言語グループであるポリネシア諸語に属し、お互いに文法的及び語彙的に類似している。ポリネシア諸語の欧米人による本格的な記述が始まった 19 世紀には、ポリネシア諸語はその近似性のため、ポリネシア諸方言と称され（例：Hale(1838-1842)）、一つの言語の諸方言であるとみなされていた。しかしながら、その後、記述研究が進み、お互いの様々な

^{*1} 室蘭工業大学 ひと文化系領域

相違点が明らかになり、多くは独立した言語であると見なされるようになった。例えば、基礎語彙中の共通語彙の割合や相互理解度に基づき、Pawley (1967)は少なくとも 28 の言語、Biggs (1971)は 26 の言語に分類されるとしており、いずれの場合でも、今回取り上げるサモア語、タヒチ語、ハワイ語はそれぞれ独立した言語として扱われている。また、政治的にも、これらの三言語は、サモア、仏領ポリネシア、米国ハワイ州それぞれの公用語として制定されており、名実共に独立した言語とみなされている。

いずれの言語においても、一つの文は、述語となる名詞句又は動詞句、主語名詞句、及びその他の名詞句から構成される。基本的な語順としては、＜述語名詞句/述語動詞句—主語名詞句—その他の名詞句＞となる。このうち述語句は必須要素であるが、主語名詞句、その他の名詞句は現れない文も存在する。例文(1)は名詞句が述語となる文の、例文(2)は動詞句が述語となる文の例である。例文(2)は聖書の同じ部分のそれぞれの言語の翻訳である。以下、三つの言語の例文を対照する場合にはサモア語、タヒチ語、ハワイ語の順で提示することとし、それぞれ、サモア語の例文の前には (S)、タヒチ語の例文の前には (T)、ハワイ語の例文の前には (H) と表示する。

(1) ＜述語名詞句「マリアだ」＞＜主語名詞句「彼女の名前は」＞

(S) 'O	Malia	lona	igoa.
(T) 'O	Māria	tōna	i'oa.
(H) 'O	Malia	kona	inoa.
	～だ マリア	彼女の	名前
	「彼女の名前はマリアだ。」		

(2) ＜ 述語動詞句「見た」 ＞ ＜主語名詞句「神は」＞ ＜その他の名詞句「光を」＞

(S)	'Ua	silasila	atu	le	Atua	i	le	mālamalama, ...
	完了	見る	離散	定	神	～を	定	光
(T)	Hi'o	a'e-ra	te	Atua	i	te	māramarama, ...	
	見る	上方-遠称	定	神	～を	定	光	
(H)	Nānā	a'e-la	ke	Akua	i	ka	mālamalama, ...	
	見る	上方-遠称	定	神	～を	定	光	
「神は光を見た、...」(創世記 1-4)								

名詞句と動詞句は、それぞれ、名詞と動詞を中核とし、その前後に様々な小辞が付加され、文法機能や副詞的機能が表示される。小辞は更にいくつかの語類に細分される。例文(1)と(2)に登場した小辞について言えば、例文(1)の'o (名詞述語を形成する)と例文(2)の i 「～を」は前置詞、例文(1)の lona / tona / kona 「彼女の」は所有限定詞、例文(2)の'ua<完了>は時制・相指標、atu<離散：話者から離れる方向>、a'e<上方：上に向かう方向>は方向詞、-ra / -la<遠称>は後置指示詞、le / te / ke (いずれも<定>を表す)は冠詞という語類にそれぞれ属している。

また、小辞はそれが付加される中核部分の種類により、名詞に付加される名詞的小辞、動詞に付加される動詞的小辞、名詞にも動詞にも付加される一般的小辞の三つの種類に大別することができる。上述の小辞のうち、前置詞、所有限定詞、冠詞は名詞的小辞に、時制・相指標は動詞的小辞に、それぞれ、分類される。残る二つ、方向詞、後置指示詞は、上記の例では動詞に付加されているが、名詞に付加される事もあり、一般的小辞に分類される。例えば、例文(2)の方向詞 atu<話者から離れる方向>、a'e<上に向かう方向>は例文(3)のように、名詞の後ろに付加され、空間的及び時間的な意味を加える。

(3) (S) tua atu o le nu'u

背 離散 ～の 定 村

「村の反対側」 Milner (1966:280)

- (T) i te po'ipo'i a'e
 ～に 定 朝 上方
 「次の朝に」 Wahlroos (2002:351)
- (H) kēia pule a'e
 この 週 上方
 「来週」 Pukui and Elbert (1986:3)

1.2 一般的小辞 fo'i / ho'i

本研究で取り上げる fo'i (サモア語)、ho'i (タヒチ語及びハワイ語) は一般的小辞に分類されるもので、細分化すると強調辞というグループに属するものである。いずれの言語でも極めて高い頻度で用いられる小辞である。タヒチ語とハワイ語では ho'i (音声表記[hoʔi]) と文字としても音声的にも同一であるが、サモア語の fo'i (音声表記[foʔi]) では語頭の子音が文字上も音声的にも他の二言語と差異を示している。しかしながら、これらは同起源の小辞である。ポリネシア祖語形として*foki が考えられ、表1で示されるように規則的に子音が対応している。尚、これらの言語では<'>は声門閉鎖音を示す文字として用いられている。サモア語、タヒチ語、ハワイ語の欄では上段に文字表記、下段に音声表記を示した。

表1 ポリネシア祖語とサモア語、タヒチ語、ハワイ語の子音の対応 Krupa (1982:18-19)

ポリネシア祖語	サモア語	タヒチ語	ハワイ語
*f	f [f]	f/h/v [f]/[h]/[v]	h/w [h]/[v 又は w]
*k	' [ʔ]	' [ʔ]	' [ʔ]

サモア語、タヒチ語、ハワイ語の一般的小辞 fo'i / ho'i の基本的な機能は例(4)が示すように、それが付加された語の強調である。以下、例文中の一般的小辞 fo'i / ho'i に下線を付して表示し、強調される要素について和訳の該当部分を太字で表記する。

- (4) (H) Ola ho'i ke kanaka!!
 生きる 強調 定 人
 「(生贄にされようとしていたが、) その人は**助命された**。」 Fornander (1916-1917:141)

例文(4)は、生贄となって死ぬはずだった人が実に生きることになったという状況であり、一般的小辞 ho'i が ola「生きる」を強調している。fo'i / ho'i は多様な状況で強調に用いられ、文脈によって、様々な意味合いで使われる。例えば、強調される要素と同等のもの・ことが先行する文脈で fo'i / ho'i が登場している場合には、例文(5)のように、fo'i / ho'i は「もまた」のような累加的な意味合いを帯びる。

- (5) (S) ...ma se 'ato ua i ai ni afitalo se lua, ni moa se lua
 ～と 不定 かご 完了 在る 不定・複 タロイモ 不定・単 二つ 不定・複 鶏 不定・単 二つ
 ma ni i'a fo'i,...
 ～と 不定・複 魚 強調
 「タロイモ二つ、鶏二羽と**魚も**入っているかごと...」 Steubel and Herman (1987:86)

尚、fo'i (サモア語) 及び ho'i (タヒチ語及びハワイ語) という形式には上述の一般的小辞の他に、例文(6)に示すような一般動詞の意味もあり、これも三つの言語に共通である。

(6) (S) 'Ua fo'i mai le tama.

完了 戻る 接近 定冠 少年

「少年は戻った。」 Milner (1966:68)

(T) 'Ua ho'i te taote i te fare.

完了 戻る 定冠 医師 ～に 定冠 家

「医師は家に戻った。」 Académie tahitienne (1999:198)

(H) E ho'i mai.

命令 戻る 接近

「戻ってきて。」 Pukui and Elbert (1982:75)

1.3 本稿の目的と構成

本稿では、サモア語、タヒチ語、ハワイ語の fo'i/ho'i の用例について、特に文中での分布に着目し分析をする。三つの言語間の類似点、相違点を明らかにすると共に、三つの異なる言語のデータを対照する事により、それぞれの言語における fo'i/ho'i の特徴をより鮮明にすることを目指す。また、それを通して、元々同一であったものが、各言語に分かれて、どのように変化していったのか、について考察する。

第2節では、それぞれの言語の先行研究において fo'i/ho'i がどのように記述されているか提示し、特に、文中のどの位置に表れると指摘されてきたか整理すると共に、三つの言語について比較する上で注意すべき点もまとめる。第3節では、様々な文中の位置について、それぞれの言語で fo'i/ho'i が表れている例があるかどうか示す。第4節は考察として、三つの言語の間で観察された差異、fo'i/ho'i の文中での分布について特に注目すべき点について述べる。

データについては、近年ネイティブスピーカーの減少から話し言葉データを入手するのが困難なハワイ語に合わせるため専ら文字データを用いる。これらの三言語は、いずれも、ローマンアルファベットを利用した文字システムが19世紀に考案され、それ以降、聖書、法律、学校教材、小説、伝統文化の記録等の各種出版物、更には新聞の発行もなされ、文字言語が確立した言語であり豊富な文字言語データの蓄積がある。ジャンルとしては、伝統習慣、伝承伝説、歴史、ニュース、法律、物語、解説、聖書などできるだけ多様なデータを利用した。以下、それぞれの例文には出典（ページ数含む）を示すが、聖書については参照の便宜のため、「創世記 1-4」のように<書物名 章-文番号>のように表記する。

2 先行研究

2.1 サモア語

Pratt(1911:79, 149)では、fo'i の意味は"also"であり文を結合するものであるが、もう一つ、意味を弱める指小辞としての用法もあると指摘している。Churchward(1951:108)も fo'i の意味は"and / also"で述語の後ろに用いられて文を結合する用法があるとした上で、その用法では文末に来ることは稀であり、文末に来る場合には全く別の意味（意味を弱める）を表し独特のイントネーションが伴う、としている。Milner(1966:68)は、fo'i の用法を名詞や動詞に後置される場合と前置される場合に分け、前者の意味として複数の要素を結合する"also"と意味を弱める"quite, fairly / slightly / more or less, none too"を挙げ、後者の意味として強調的な"very / actual"を挙げている。Mosel and Hovdhaugen (1992:71, 151, 325, 390)は fo'i の意味として"also / just / quite"という強調的な意味と"more or less"というむしろ弱化的な意味を示した上で強調辞と分類し、名詞句と動詞句において、名詞・動詞に後置される、としているが、その他に、指示詞に後置されてそれを強調する用法の存在にも言及している。尚、強調的な用法と意味を弱める用法の関係については3.1.5節で考察する。

2.2 タヒチ語

19世紀に出版された辞書の復刻版である Davies(1978:107)には ho'i の意味として、"also / beside /

likewise"が挙げられている。Lemaître (1995:58)には「もまた」/「同じく」/「しっかりと」/「本当に」を ho'i の意味として挙げている。Académie tahitienne(1986:381-389)では、ho'i はすでに談話で述べられた要素に言及し ho'i が付加されている語とのつながりを示すものとして二つあるいはそれ以上の名詞や代名詞あるいは動詞や形容詞を結びつけるのに用いられると述べている他、「確かに/なぜなら」或いは「しかしながら/それでも」のような意味も表すと指摘している。Lazard et Peltzer (2000:117-118)は先行する要素との間につながりを確立する「もまた/同じく」、或いは、単に断定を強調する「本当に」の意味を表すと述べ、更に、ho'i を含むいくつかの小辞は述語句末でよく用いられるが。冠詞の後にも用いることができる」と指摘している。

2.3 ハワイ語

共に 19 世紀に出版されたものの復刻版である Alexander(2004:23)と Andrews (2003:164) はそれぞれ "also / certainly" という意味を表す副詞/接続詞、"also / besides / moreover / indeed" を意味する強調語としている。Elbert and Pukui (1979:41,103)によれば ho'i の表す意味は 1)一般的な強調辞と 2)「もまた」(否定文も含む)があり文脈により解釈が異なるとした上で、疑問詞句末に付加して疑念の意味を強調することもあると指摘し、また、現れる位置としては名詞句又は動詞句の最後としている。

2.4 先行研究のまとめ

三つの言語での fo'i 及び ho'i の意味については、サモア語の意味を強めるのではなくむしろ弱める特殊な用法を除いては、大きな差はみられない。サモア語やタヒチ語についての 19 世紀から 20 世紀の半ば頃までの記述 (Pratt(1911)、Churchward(1951)、Davies(1978{オリジナルは 1851 年})) では「もまた」のような意味を表すという記述が主であったが、より新しいサモア語やタヒチ語の記述及びハワイ語の記述 (Milner (1966)、Mosel and Hovdhaugen (1992)、Lemaître (1995)、Académie tahitienne(1985)、Lazard et Peltzer (2000)、Alexander (2004)、Andrews (2003)、Elber and Pukui (1979)) においては、「もまた」に加えて「本当に」のような強調的な意味も表すと記述されている。

本稿では、意味の詳細な分析よりも、文中での分布の分析に専念するが、意味については、一般的強調が基本的な用法であり、文脈により、「も」等の様々な解釈が派生すると考える。例えば、強調される要素の前に同種の関連要素がある場合には、「も」という解釈になる等と説明する。

文中で現れる位置分布であるが、先行研究を見比べると、述語句の後とするものもあるが、述語に限らず名詞句や動詞句の後ろとするもの、更には、否定文での使用、疑問詞の後ろに現れるとするものがあった。また、句中の位置については、句の後ろに現れる場合について、句末と明示しているものとしていないものがあったが、明示していない場合でも、提示されている例は句末であった。また、句の中核部の前に現れるという特殊な用例については、サモア語では指示詞の後、タヒチ語では指示詞も含めた冠詞の後と微妙に異なっており、ハワイ語ではこのような句の中核部の前に現れるという用例には一切言及がなかった。

上記のことを踏まえて、第 2 節では三つの言語のうち一部の言語でも fo'i~ho'i が表れる可能性がある位置を全て網羅するため、次のように分類する。まず、多くの先行研究で言及されている述語句末と、非述語句末の二つに分ける。述語句末としては、述語名詞句末、述語動詞句末に加えて、その他、述語の位置にくることがある疑問詞句末、否定詞句末をそれぞれ含める。また、サモア語の意味を弱める fo'i の用法についても述語句に該当していたためここに含める。非述語句末としては、非述語名詞句末の他、先行研究では言及されていなかったが今回の研究で多数の例が見られたトピック名詞句末と接続詞句末も扱う。また、それらとは別に、サモア語とタヒチ語でのみで言及されていた指示詞或いは限定詞と名詞の間に表れる fo'i~ho'i を一つのグループとして見ることにし、ここでは、報告されていないハワイ語にはそれが見られないのかを確認する。

3 分布

3.1 述語句末

3.1.1 述語名詞句末

述語名詞句末には全ての言語で fo'i~ho'i が表れる例があった。

(7) (S) 'O Salevao 'o le tagata, 'o le aitu fo'i.

固有名詞 Salevao ~だ 定 人 ~だ 定 魔物 強調

「サレヴァオは人であり、**魔物でも**あった。」 Steubel and Herman (1987:62)

(T) E patu 'ōfa'i, e vāhi ha'amorira'a ho'i.

~だ 壁 石 ~だ 場所 崇拝する 強調

「(マラエ (伝統寺院) は)石の壁であり、**崇拝の場所でも**あった。」 Saura (1997:20)

(H) 'O Makali'i, he ho'okele kaulana ia no nā wa'a 'o Hawai'i-nui,

固有名詞 Makalii ~だ 舵取り 有名な 彼 ~の 複数 船 固有名詞 Hawaiiinui

a he kanaka mahi'ai nui ho'i.

そして ~だ 人 農業 偉大な 強調

「マカリイはカヌーハワイヌイの有名な舵取りで、**偉大な農夫でも**あった。」 Beckwith (2007:79)

3.1.2 述語動詞句末

述語動詞句末にも全ての言語で fo'i~ho'i が表れる例があった。

(8) (S) E lē fetau ona sau fo'i lea o le tama'ita'i lenei i Toga,

未完了 否定 満足する それから 来る 強調 この ~の 定 女性 この ~に トンガ

ma fai fo'i ma ana tāne le ali'i 'o Tuitoga.

そして なる 強調 ~に 彼女の 夫 定 王 固有名詞 Tuitoga

「(フィジーに到着し、フィジー王を夫としたが、満足しなくて) この女性はトンガに行き、トンガ王が彼女の夫となった。」 Steubel and Herman (1987:13)

(T) ..., ua fa'aturehia te mau huru tao'a e au ia fa'a'ohipahia

完了 規則化する-受動 定 複数 種類 素材 未完了 適した ~するために 使う-受動

nō te 'ahu, 'ia fa'aturahia ho'i te mau tao'a no roto

~に 定 衣服 ~するために 尊重する-受動 強調 定 複数 素材 ~の 中

i te peu tumu.

~に 定 伝統

「衣装のために使われるのに適した素材の種類が規則化された、伝統の中の素材が**尊重されるように**。」 Musée de Tahiti et des îles (2002:26)

(H) ...a ua make ho'i ke'li'i o Maui, ...

そして 完了 死んだ 強調 定冠-領主 ~の マウイ

「(戦争で敵の民や貴族たちを殺戮し始め…) ...そしてマウイの領主が**死んだ**…」

Fornander (1916-1917: 255)

3.1.3 疑問詞句末

これらの言語では、いずれも、疑問詞句は述語位置に現れる。疑問詞句末にも全ての言語で fo'i~ho'i が表れる例があった。

- (9) (S) po 'o ai na mua'i 'aināina ai, a 'o anafea fo'i.
 疑問 ~だ 誰 過去 最初に 居住する 前方照応 そして ~だ いつ・過去 強調
 「(その島に) 最初に居住したのは誰か、そして、いつ(居住したの) か」 Henry (1980:90)

- (T) e aha ho'i ta'u i rave i to'u hoe-roa-ra'a i Pora Pora ?
 ~だ 何 強調 私の 完了 する ~に 私の 渡航すること ~に ボラボラ
 「ボラボラに渡った時私は何をした。」 Saura (1997:186)

- (H) Pehea ho'i?
 どうして 強調
 「まったくどうして、(私にはわからない)。」 Pukui and Elbert (1986:75)

3.1.4 述語否定詞句末

タヒチ語とハワイ語の否定文においては、否定詞が述語句を形成し、述語位置に表れる。両言語で、述語否定詞句末に ho'i が表れる例があった。

- (10) (T) ..., e'ita ho'i tā'u e nehenehe 'ia vaiiho mai iā na,
 否定・未完了 強調 私の 未完了 できる ~するように 放置する 接近 ~を 彼
 e pe'ape'a ho'i tōna metua tāne. Feruri iho ra te 'orometua,
 未完了 心配する 強調 彼の 父 考える 下方 遠称 定 教師
 'aita ho'i e rāve'a.
 否定・完了 強調 ~だ 手段

「彼を放って置くことは出来ない、彼の父が心配するだろう。教師は考えた、出来ることはない。」
 Saura et Millaud (2001:155-6)

- (H) 'a'ole 'oe e kama'ilio iki aku i kekahi mea 'ē a'e,
 否定 あなた 未完了 話す 少し 離散 ~に 一人の 人 他の 上方
 'a'ole i kekahi kāne, 'a'ole ho'i i kekahi wahine,...
 否定 ~に 一人の 男 否定 強調 ~に 一人の 女
 「あなたは他の誰にも話しかけない、一人の男に(話しかけ)ない、一人の女に(話しかけ)ない。」 Haleole (1997:499)

タヒチ語では e'ita、'aita、ハワイ語では 'a'ole がそれぞれ否定述語句として述語の位置に表れている。サモア語では否定文は、否定語が述語位置に来るのではなく、否定の小辞が動詞や名詞に付加することで形成されるため、上記の例文(10)に対応するような構造を持たない。次の(11)はサモア語の否定文の例である。

- (11) (S) Sa lē mafai ona toe fo'i,...
 過去 否定 できる ~すること 再び 戻る
 「再び戻ることは出来ない。」 Sio (1984:13)

例文(11)では、否定の小辞 lē が動詞 mafai 「可能である」に前置されている。従って、この文の述語の中核部分はいくまでも動詞 mafai である。一方、上記の例文(10)では、否定語であるタヒチ語の e'ita、'aita とハワイ語の 'a'ole がそれぞれ述語の中核をなしているという点で、否定文の作り方が大きく異なっている。サモア語にはタヒチ語の e'ita、'aita やハワイ語の 'a'ole に対応する述語否定詞がそもそも存在しないため、述語否定詞句末でのサモア語とタヒチ語・ハワイ語との対照は意味をなさない。

3.1.5 意味の弱化を表す述語動詞句末の特殊な事例

サモア語においてのみ、意味を強調するのではなくむしろ弱化するような用法が報告されていた。いずれの報告においてもすべて述語動詞句末であった。

(12a) (S) ‘Ua lelei fo’i.

完了 良い強調？

「良い（しかしとても良いわけではない）」 Churchward (1951:108)

(12b) (S) Sa ua fo’i.

過去 雨が降る 強調？

「雨が降った（がたくさん降ったわけではない）」 Pratt (1977:149)

サモア語における意味を弱める用法は他の二言語では見られないので、サモア語のみの特徴と思われる。これらは、真の意味での強調とは言えないかもしれないが、或いは、これらも基本的には強調であるがある特殊な文脈でこのような解釈となった、或いは特殊なレトリック的な用法であるという可能性も考えられる。

例えば、一つの可能な説明としては、(12a)も(12b)も良さの程度や雨の量については消極的に述べている一方で、「良さの程度はともあれ良いことは良い」、「雨量はともあれ雨が降ったことは降った」のように、それぞれ「良い」、「雨が降った」という事実の存在についてはむしろ明確に示していると考えられる。すなわち、「良い」、「雨が降った」という事実について強調するという意味で、強調の用法の一つとみなすことができるのではないかと考えられる。

3.2 非述語句末

3.2.1 非述語名詞句末

述語以外の名詞句末について、全ての言語で fo’i~ho’i が表れる例があった。

(13) (S) ...ma se ‘ato ua i ai ni afitalo se lua, ni moa se lua
 ～と 不定 かご 完了 ある 不定・複数 タロイモ 不定 二つ 不定・複数 鶏 不定 二つ～
 ma ni i’a fo’i,...
 ～と 不定・複数 魚 強調

「タロイモ二つ、鶏二匹、と魚も入ったかごと…」 Steubel and Herman (1987:86)

(T) ‘Ua riro te matahiti 1812 e te matahiti 1813 ‘ei matahiti ta’a roa
 完了 なる 定 年 ～と 定 年 ～に 年 特別な とても
 nō te fa’aro‘o ‘evaneria i ‘Eimeo, e Tahiti ho’i.
 ～のため 定 信じる 福音 ～で モーレア島 ～と タヒチ島 強調

「1812 年と 1813 年はモーレア島とタヒチ島で福音の信仰のためとても特別な年になった。」

Daubard,et Millaud (2000:42)

(H) A i loa’a ‘ole malaila, hele nō ia ma kahi kauhale,
 そして ～なら 得られる 否定 そこで 行く 強調 それ ～で ある 村
 e ‘imi hipa a i kao ho’i.
 未完了 探す 羊 そして ～を 山羊 強調

「(豹は) そこで獲物が得られなければ、村に行き羊やヤギを探す。」 Mookini (1985:107)

例文(13)(S)では主語名詞句、(13)(T)では場所名詞句、(13)(H)では目的語名詞句が強調されている。

3.2.3 トピック名詞句末

これらの言語では、トピック名詞句が文の冒頭に表れることがある。サモア語とハワイ語ではトピック

ク名詞句末にいずれも、fo'i~ho'i が表れる例があった。

- (14) (S) A 'o taulelea fo'i, e tutusa lo lā matutua, e tutusa
 そして トピック 若者・複数 強調 未完了 同じ 彼らの 年 未完了 同じ
 le fuaitino lelei malolosi, ua fetau lelei lava la lā paga.
 定 体つき 良い 強い 完了 合う 良く とても 彼らの 相手
 「そして**その若者たちは**、年も同じ、強く良い体つきも同じである、(対戦の) 相手はとてもよく
 適合している。」 Henry (1980:21).
- (H) ... a 'o Aiwohikupua ho'i, apo aku la ma nā po'ohiwi o kāna kauwā,
 そして トピック Aiwohikupua 強調 抱く 離散 遠称 ~で 複数 肩 ~の 彼の 家来
 a uwe helu iho la.
 そして 泣き叫ぶ 下方 遠称
 「そして**アイヴォヒクプア**は、彼の家来の肩を抱き泣き叫んだ」 Haleole (1997:397)

タヒチ語にもトピックを前置する文はあるが、ho'i が表れる例は見つからなかった。

- (15) (T) Te mīmī, tē 'amu nei ia i te i'a.
 冠詞 猫 進行 食べる 近称 それ ~を 定 魚
 「猫は、魚を食べている」 Lazard et Peltzer (2000:60)

タヒチ語のトピック名詞句には ho'i が付加されていないことに加えて、トピックのマーカである前置詞'o も用いられていない点も含めて、他の二言語と異なっている。

3.2.4 接続詞句末

全ての言語で、述語句でも名詞句でもない接続詞句の句末に fo'i~ho'i が表れる例があった。

- (16) (S) 'Āfai 'o se e 'ai tū i luma o se ali'i pe tautala,
 もし ~だ 不定 未完了 食べる 立つ ~で 前 ~の 不定 貴族 又は 話す
 e fa'asalaina lea, 'āfai fo'i e amo tū se to'i i lumafale
 未完了 罰する それ もし 強調 未完了 持つ 立つ 不定 斧 ~で 家の前の地面
 o se ali'i e fasia lea tagata.
 ~の 不定 貴族 未完了 打つ その 人
 「もし貴族の前で立って食べたり話したりしたら、その人は罰される、**もし**貴族の家の前の地面で
 斧を立てて持っていたらその人は打たれる。」 Steubel and Herman (1987:76)
- (T)... 'ahiri ho'i 'oe i na reira, ua ha'amau roa ia Iehova
 もし 強調 あなた 完了 そのようにする 完了 続ける 強調 前方照応 神
 i tō 'oe mana toroa ari'i ra...
 ~を あなたの 力 職位 王 遠称
 「**もし**あなたがそのようにしていたら、神はあなたの王としての力を続けさせた。」
 サムエル記上 13-13
- (H) Ina ho'i e hina ana ka 'ohu i ka makani, alaila, ua hewa
 もし 強調 未完了 吹く 中称 定 雲 ~に 定 風 それなら 完了 間違っている
 'o uka, ua hakakā māua me ua mo'o nei.
 場所名詞主語指標 山の上 完了 戦う 私達 ~と その トカゲ 近称
 「(もし雲が風下に吹いたら、トカゲとは戦わずに済んでいるが)**もし**雲が風に向かって吹いたら、
 その時は山の上では間違いがおこっている、私はそのトカゲと戦っている。」 Haleole (1997:473)

これらの事例については、あくまでも接続詞句ということで非述語句と同じ分類としてここに含めたが、接続詞が表れている位置が、述語位置と同じ、すなわち文頭位置であることを考えると、接続詞が述語句的に扱われているという可能性も考えられる。

実際、例えば、上記の例文(16)(T)については、主語‘oe「あなた」に続く部分が＜完了＞の時制・相指標 i で始まっているが、この i は従属節で用いられる時制・相指標であることから、‘ahiri ho‘i ‘oe「もしあなたが」の部分はいわばこの文の主節として、その後の i na reira「そのようにした」は従属節として扱われていると考えられる。‘ahiri ho‘i ‘oe の部分が主節であるとする、この節全体は、＜接続詞(‘ahiri「もし」)+主語(‘oe「あなた」)+その他＞のような語順になっていると見ることができるが、これは 1.1 節で述べた文の基本構造と類似している。そのようなことを考えると、接続詞句末に fo‘i~ho‘i が付加される事例については、この 3.2 節よりむしろ、前の 3.1 節で扱った述語句末の特殊な形と考えることができるかもしれない。

3.3 非句末位置

サモア語とタヒチ語では、句末ではなく名詞の前に、fo‘i~ho‘i が表れる例があった。いずれも限定詞と名詞の間という位置に表れたものであるが、冠詞の後ろに表れる例は見られなかった。

(17a) (S) Ia, ‘o lenei fo‘i teine ‘ua fa‘amāvae fo‘i ‘i le tāne

さて トピック この 強調 少女 完了 別れを告げる 強調 ~に 定 夫

‘ole‘ā sau lava e ō mai ma ona mātua.

未来 来る 強調 未完了 来る 近接 ~と 彼女の 両親

「さて、この少女は、夫に別れを告げた、彼女の両親と来て戻りつもりだった。」 Moyle (1981:164)

(17b) (S) …i lona fo‘i olaga tautua ai i le Arts Council,...

~に 彼の 強調 人生 勤める 照応 ~に 定

「彼の Arts Council に勤務している人生において..」 Samoa news Sat, 08/08/2015

(17c) (S) ...‘o i ai le isi fo‘i malaga tele.

未完了 ある 定 別の 強調 旅 偉大な

「偉大な別の旅がある。」 Krämer (1994:153)

(17d) (T) Nō teie ho‘i tumu i mana‘o ‘ore ai e fa‘ahapa iā de Gaulle..

~のため この 強調 理由 完了 思う 否定 照応 未完 責める ~を de Gaulle

「この理由から de Gaulle を責めようと思わなかった..」 Saura (1997:320)

(17e) (T) ...‘aita ra vau e ora iā ‘oe nō tō‘oe ho‘i na‘ina‘i.

否定 しかし 私 未完了 助かる ~に あなた ~のため あなたの 強調 ちいさい

「あなたの小ささのため、私はあなたによって救われないだろう。」 Cuneo (n.d.:6)

(17f) (T) A rave ‘oe i te pua‘atoro oni ‘āpī a tō metua ra,

命令 取る あなた ~を 定 牛 雄の 若い ~の あなたの 親 遠称

e te tahi ho‘i pua‘atoro oni matahiti hitu,...

~と 定 別の 強調 牛 雄の 年 七つの

「あなたの親の若い雄牛と、別の一匹の 7 歳の雄牛をとりなさい。」 士師記 6-25

サモア語の例(17a-c)では限定詞という分類に含まれる語類のうち、指示詞 lenei「この」、所有限定詞 lona「彼女の」、isi「別の」の後ろに fo‘i が表れている。また、タヒチ語の例(17d-f)でも、同じく、限定詞という分類に含まれる語類のうち、指示詞 teie「この」、所有限定詞 tō‘oe「あなたの」、te tahi「別の」の後ろに ho‘i が表れていた。一方、ハワイ語ではこのような事例は見られなかった。

4 考察

4.1 三言語間の対照の結果

本稿では、サモア語、タヒチ語、ハワイ語の間に同系の小辞である fo'i~ho'i の用法について、特に文中の分布について、様々なジャンルの文字データを基に対照を行った。項目別の分布一覧を表 2 として示す。

表 2 三言語での fo'i~ho'i の分布比較

		サモア語	タヒチ語	ハワイ語
述語句末位置	述語名詞句末	○	○	○
	述語動詞句末	○	○	○
	疑問詞句末	○	○	○
	述語否定詞句末		○	○
	述語動詞句末（意味弱化）	○	N/A	N/A
非述語句末位置	非述語名詞句末	○	○	○
	トピック名詞句末	○	N/A	○
	接続詞句末	○	○	○
非句末位置（名詞の前）	指示詞の後	○	○	N/A
	所有限定詞の後	○	○	N/A
	「別の」の後	○	○	N/A

結果、全体としては、同じ特徴をかなり維持していることが分かった。三言語における fo'i~ho'i の分布の共通特徴は以下のようにとまとめられる。

(18) 一般的小辞 fo'i~ho'i は述語句末（動詞述語・名詞述語に関わらず）と非述語名詞句末に現れる。

これらの三言語では疑問詞も述語位置に現れる。また、タヒチ語とハワイ語では否定詞も述語位置に現れる。尚、3.1.4 節で述べたように、サモア語にはそもそも対応する述語否定詞が存在せず述語否定詞句末における対照が意味をなさないため除外している。また、接続詞句末についても、厳密な意味では述語と一緒に出来ないかもしれないが、3.2.4 節で述べたように、接続詞句末も述語位置に現れ、述語的な振る舞いをすることもあるため、(18)の一般化の中にも含めることも可能と思われる。意味を弱化するサモア語の fo'i についても文中の位置という意味では述語動詞句末であり、これも(18)に含めることに問題は無い。

上記の(18)の一般化に含まれなかった部分、すなわち三言語の共通特徴としてはまとめることができなかった点については、以下の二つにまとめられる。

(19) サモア語とハワイ語においては、トピック名詞句末にも fo'i~ho'i が表れ得る。

(20) サモア語とタヒチ語では、限定詞（指示詞/所有限定詞/「他の」）と名詞の間にも fo'i~ho'i が表れ得る。

系統的に見ると、ハワイ語とタヒチ語はポリネシア諸語内でも同じ下位区分である東部ポリネシア諸語に属するため、文法的或いは語彙的な共通点も、ハワイ語とタヒチ語の間のほうがより多く見られるのが普通である。しかしながら、上記の(19)も(20)も系統的にはより遠い間柄であるはずのサモア語とタヒチ語、或いはサモア語とハワイ語の共通特徴になっているという点で興味深い。残念ながら、なぜこのような差異が生じたのかについて、すなわち、なぜタヒチ語ではトピック名詞句末に ho'i が現れないのか、また、なぜハワイ語では限定詞と名詞の間に ho'i が現れないのかについて、現時点では、個々の言

語の文法上の特徴等と関係付けた説明は見当たらない。もしかすると、単なるデータのギャップによるものであり、今後データを拡充すれば、該当する例文が見つかるという可能性もあるかもしれない。

4.2 非句末位置における fo'i~ho'i について

最後に、サモア語とタヒチ語で現れる非句末位置、すなわち限定詞と名詞の間の位置に現れる fo'i~ho'i の用法について補足する。限定詞という語類には様々な語が属しているが、サモア語においてもタヒチ語においても、特定の限定詞に限って fo'i~ho'i の後置が見られた。それらは、指示詞、所有限定詞、「他の」である。もう一つの代表的な限定詞である冠詞に後置される例は見られなかった。指示詞、所有限定詞、「他の」は、いずれも限定詞単独で名詞句として用いることが出来るという共通の特徴がある。一方で、冠詞は単独で名詞句として用いることはない。以下、単独で名詞句として用いられている限定詞に下線を付して表記する。

(21a) (S) ...'ia tusa fo'i lo'u i'uga ma lona.

～するように 同じ 強調 私の 最期 ～と 彼の

「私の最期が彼のと同じになるように」民数記 23-10

(21b) (S) A 'o lona tau i sili lencei.

そして ～だ 彼の 報酬 最高の これ

「これが彼の最高の報償だ。」Henry (1980:120)

(21c) (S) ...e leai se fesoasoani e la'itiiti ifo lona aogā mai i isi.

未完了 無い 不定 助け 未完了 小さい 下方 それの 価値 近接 ～より 他の

「他よりもその価値が小さいような助力はない。」Moyle (1981:48)

(21d) (T) E toto hui ari'i tō 'oe, ...

～だ 血 王族 あなたの

「あなたは王族の血を持っている。」Manu-Tahi (1980:94)

(21e) (T) 'ua reva teie.

完了 発つ これ

「これ(私)は発った。」Lazard et Peltzer (2000:164)

(21f) (T) Te ta'ata o tei fa'atietie i te tahi, e ora ona

定 人 ～だ 関係代名詞 褒める ～を 定 他の 未完了 生きる 彼

mai te peu, e fa'aro'o te tahi iā na.

もし 未完了 聞く 他の ～を 彼

「他人をほめちぎる人は、もし、他人が彼のことを聞いてくれば生きる。」Sylvain (2008:51)

例文(21a)と(21d)は所有限定詞が単独で名詞句を形成している例である。例(21d)は所有を表す構文であり、直訳すると「**あなたの**は王族の血である」のようになる。例(21b)と(21e)は指示詞が単独で名詞句を形成している例である。また、例(21c)と(21f)は「他の」という意味の限定詞が単独で名詞句を形成している例である。このように、単独でも名詞句を形成できるほど独立性の高い限定詞の後ろという位置であるため、単独では名詞句を形成することがない、すなわち独立性の低い、冠詞と比べて、本来名詞に後置される fo'i~ho'i が表れやすいのではないかと考えられる。

該当する例が見られなかったハワイ語について、Elbert and Pukui (1979:159)は数詞が名詞の前に付加された場合のみ名詞の前に強調辞が現れ得るとしている。

(22) (H) 'elua ho'i mau manu 'Iiwipōlena e kau ana ma nā po'ohiwi o ke Ali'i,...

二つ強調 複数 鶏 Iiwipolena 未完了 とまる 中称 ～に 複数 肩 ～の 定 貴族

「2羽のイイビポレナ鳥がその貴族の肩にとまっている。」Haleole (1997:435)

例文(22)では数詞‘elua「二つ」に ho'i が後置されている。数詞も限定詞とみなせば、上記のような例も＜限定詞+ ho'i+名詞＞の例となる。しかしながら、数詞の振る舞いは極めて特殊であり、数詞と名詞句の結合体、例えば例(22)の‘elua ho'i mau manu ‘I'iwipōlena という部分は、そもそも、「二羽のイイビボレナ鳥」という意味の名詞句として分析すべきなのか、それとも「イイビボレナ鳥が二羽いる」という意味の一つの文として分析できるのかという根本的な点についても議論の余地がある。サモア語やタヒチ語も同じ状況である。そこで、本稿では、ハワイ語だけではなく、サモア語やタヒチ語についても、限定詞に関連する議論から数詞を除外した。数詞を含む例文の分析については、別途個別に論じるべきであると考えます。

謝辞

本研究は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(C) 25370455「ポリネシア諸語における様々な小辞の機能・用法に見られる差異について」の研究成果の一部である。また、査読者の方々から貴重なコメントを頂いた。この場を借りてお礼を申し上げたい。

文献

- Académie tahitienne, Grammaire de la langue tahitienne, Papeete: Fare Vāna'a, 1986.
 Académie tahitienne, Dictionnaire tahitien-français, Papeete: Fare Vāna'a, 1999.
 Alexander, W.D, Introduction to Hawaiian grammar, Mineola: Dover publication, 2004.
 Andrews, Lorrin, A dictionary of the Hawaiian language, Honolulu: Island Heritage publishing, 2003.
 Beckwith, Martha W., Kepelino's Traditions of Hawaii, Honolulu: Bishop Museum Press, 2007.
 Biggs, Bruce, The Languages of Polynesia, in Linguistics in Oceania edited by Bowen, J. D. et al., Mouton: The Hague, 1971.
 Chruchward, Spencer, A Samoan Grammar 2nd Edition, Melbourne: Spectator Publishing, 1951.
 Cuneo, Taema, Tini, te i'a i herehia ia Hina, Pirae: Editions Vahine. n.d.
 Daubard, Patrick Matarii Millaud, Hiriata Histoire et traditions de Huahine & Pora Pora, Papeete : Ministère de la culture de Polynésie française, 2000.
 Davies, John, A Tahitian and English dictionary, New York: AMS Pr., 1978.
 Elbert, Samuel H. and Pukui, Mary K., Hawaiian Grammar, Honolulu: University of Hawaii Press., 1979.
 Fornander, Abraham, Fornander collection of Hawaiian antiquities and folk-lore vol. IV, Honolulu: Bishop Museum Press, 1916-1917.
 Fornander, Abraham, Fornander collection of Hawaiian antiquities and folk-lore vol. IV, Honolulu: Bishop Museum Press, 1918-1919.
 Hale, Horatio, Ethnography and Philology, United States Exploring Expedition, 1838-1842.
 Haleole, S. N., Ka Mo'olelo o Laieikawai, Honolulu: First People's Productions, 1997.
 Henry, Fred, Talafaasolopito o Samoa, Apia: Commercial Printers, 1980.
 Krämer, Augustin, The Samoa Islands, Honolulu: University of Hawaii Press, 1994.
 Krupa, Viktor, The Polynesian languages, London: Routledge & Kegan Paul, 1982.
 Lazard, Gilbert and Peltzer, Louise, Structure de la langue tahitienne, Paris: Peeters, 2000.
 Lemaître, Yves, Lexique du tahitien contemporain, Paris: Éditions de l'IRD, 1995.
 Manu-Tahi, Charles Teriiteanuanua, Te parau o te mau vahi faufaa no te mau tupuna i Moorea, Papeete: Les Éditions Veia Rai, 2005.
 Milner, G. B., Samoan Dictionary, Auckland: Polkynesian Press, 1993.
 Mookini, Esther T., O na holoholona wawae eha o ka Lama Hawaii, Honolulu: Bamboo Ridge Press, 1984.
 Mosel, Ulrike and Even Hovdhaugen, Samoan Reference Grammar, Oslo: Scandinavian University Press, 1992.
 Moyle, Richard, Fagogo. Auckland: Auckland University Press, 1981.
 Musée de Tahiti et des îles, E'ori i tō iho tupu, Papeete : Musée de Tahiti et des îles, 2002.
 Pawley, Andrew, The relationship of Polynesian outlier languages, Journal of Polynesian Society, vol. 76, p. 259-296, 1967.
 Pratt, George, Pratt's Grammar and dictionary of the Samoan language, Apia: Malua Printing Press, 1977.
 Pukui, Mary K. and Elbert, Samuel H., Hawaiian Dictionary revised and enlarged edition, Honolulu: University of Hawaii Press, 1982.
 Saura, Bruno, Pouvanaa a Oopa, Papeete: Au vent des îles, 1997.
 Saura, Bruno et Hiriata Millaud, ligné royale des Tama-toa de Ra'iatea, Papeete : Ministère de la culture de Polynésie française,

2001.

Sio, Gatoloaifaana P., Tapasa o folauga i aso afa, Apia: U.S.P Center, 1984.

Steubel, C. and Brother Herman, Tala o le vavau, Auckland: Polynesian Press, 1987.

Sylvain, Teva, 19 fables de La Fontaine en tahitien, Papeete: Pacific Promotion Tahiti, 2008.

The American Bible Society. Baibala hemolele, New York: The American Bible Society, 1993.

The Bible Society in the South pacific, Te parau a te Atua, Suva: The Bible Society in the South pacific, 1997.

The Bible Society in the South pacific, O le tusi paia, Suva: The Bible Society in the South pacific, 1984.

Wahlroos, Sven, English-Tahitian Tahitian-English dictionary, Honolulu: University of Hawaii Press, 2002.

図 書 館 委 員 会

委員長	附 属 図 書 館 長	教 授	松 田 瑞 史
委 員	く ら し 環 境 系 領 域	准 教 授	山 中 真 也 (紀要編纂部会委員)
〃	も の 創 造 系 領 域	教 授	齋 藤 務
〃	し く み 情 報 系 領 域	教 授	畑 中 雅 彦
〃	ひ と 文 化 系 領 域	教 授	黒木場 正 城 (紀要編纂部会部会長)
〃	建 築 社 会 基 盤 系 学 科	准 教 授	後 藤 芳 彦
〃	機 械 航 空 創 造 系 学 科	講 師	長 船 康 裕 (紀要編纂部会委員)
〃	応 用 理 化 学 系 学 科	准 教 授	矢 島 由 佳
〃	情 報 電 子 工 学 系 学 科	准 教 授	倉 重 健太郎
〃	全 学 共 通 教 育 セ ン タ ー	准 教 授	清 末 愛 砂 (紀要編纂部会委員)
〃	情 報 メ デ ィ ア 教 育 セ ン タ ー	教 授	桑 田 喜 隆
〃	総 務 広 報 課	課 長	玉 田 邦 彦
〃	総 務 広 報 課 図 書 学 術 情 報 室	室 長	横 井 有 紀 (紀要編纂部会委員)

平成29年 3 月24日 印 刷 (非売品)
平成29年 3 月24日 発 行

編 集 室 蘭 工 業 大 学
発 行 〒050-8585 室蘭市水元町27-1

印 刷 株式会社 日 光 印 刷
室蘭市寿町2丁目3番1号
TEL (0143) 47 - 8 3 0 8

表紙デザイン 目 黒 泰 道

